



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

**VIRTUALIZACE VÝPOČETNÍCH STROJŮ A OPERAČNÍCH
SYSTÉMŮ**

VIRTUALIZATION OF COMPUTING MACHINES AND OPERATING SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Kadlíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D.

BRNO 2018



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Teleinformatika**

Ústav telekomunikací

Student: Jan Kadlíček

ID: 186524

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Virtualizace výpočetních strojů a operačních systémů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou virtualizace „strojů“ a jednotlivými technologiemi, mezi něž patří například VirtualBox, VMware, HyperV, Docker Container a porovnejte jejich výhody a nevýhody. Na dostupném vybavení vyzkoušejte jednotlivé volně dostupné virtualizační nástroje, nainstalujte virtuální stroj a otestujte práci s ním včetně komunikace s periferiemi nativního stroje. Na základě získaných zkušeností proveďte zhodnocení práce s jednotlivými prostředím z hlediska instalace virtualizačního prostředí, instalace virtuálních strojů, exportu strojů, stability a dalších parametrů a vyberte ten nejvhodnější pro využití ve výuce síťových technologií na Ústavu telekomunikací. Dříve problematické úlohy předmětů BARS a MKPM přepracujte s vhodným prostředím, otestujte a modifikujte laboratorní návody.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] DOSTÁL, J. „Využití virtuálního počítače ve vzdělávání“. Olomouc: Votobia, 66 s. ISBN 978-80-7220-309-3, 2008

[2] Smith, J., Nair, R. „Virtual Machines: Versatile Platforms for Systems and Processes“. Morgan Kaufmann, ISBN-10: 1558609105, 2013

Termín zadání: 5.2.2018

Termín odevzdání: 29.5.2018

Vedoucí práce: doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D.

Konzultant:

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku virtualizace „strojů“ a seznámení se s jednotlivými virtualizačními technologiemi, mezi které patří například VirtualBox, VMware, HyperV, Docker Container. Zaznamenává přehled dostupných technologií a na základě jejich parametrů je porovnává. Důležitou částí bakalářské práce je pak na základě získaných zkušeností vybrat nejvhodnější nástroj pro výuku síťových technologií na Ústavu Telekomunikací.

Klíčová slova

Virtualizace, virtuální počítač, virtuální operační systém, Hyper-V, VirtualBox, VMware, Kali Linux, WSL, Windows 10, Docker Container, kontejner,

Abstract

This bachelor thesis is about virtualization of machines and learning how to work with virtualization technologies, such as VirtualBox, VMware, Hyper-V, Docker Container, this paper also compares their parameters. Important part of this paper is to choose the best virtualization technology for tracking on Department of Telecommunications, based on results of tests.

Keywords

Virtualization, virtual machine, virtual operating system, HyperV, VirtualBox, VMware, Kali Linux, WSL, Windows 10, Docker Container, container

Bibliografická citace:

KADLÍČEK, J. *Virtualizace výpočetních strojů a operačních systémů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 53 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D..

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma Virtualizace výpočetních strojů a operačních systémů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne **29. května 2018**

.....
podpis autora

Poděkování

V této sekci je možno uvést poděkování vedoucímu práce a těm, kteří poskytli odbornou pomoc (externí zadavatel, konzultant apod.).

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vítovi Novotnému, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne **29. května 2018**

.....
podpis autora(-ky)

OBSAH

1	Úvod	1
2	Počátky virtualizace a její následný vývoj.....	2
3	Hardware potřebný pro virtualizaci	3
4	Základní rozdělení virtualizace	5
4.1	Virtualizace aplikací.....	5
4.1.1	Druhy virtualizace aplikací	5
4.1.2	Ukázka vytvoření portable aplikace pomocí Evalaze	6
4.2	Virtualizace prezentační vrstvy	7
4.2.1	Role Služby vzdálené plochy.....	7
4.2.2	Ukázka připojení k počítači pomocí vzdálené plochy	8
4.3	Virtualizace serverů.....	8
4.3.1	Rozdělení serverové virtualizace.....	8
4.3.2	Ukázka instalace Ubuntu Server pomocí VirtualBox	10
4.4	Virtualizace na úrovni operačního systému.....	11
4.5	Virtualizace sítí.....	11
4.5.1	Technologie NIC teaming.....	12
4.5.2	Ukázka vytvoření virtuální sítě VLAN ve VirtualBox	12
4.6	Virtualizace uložišť	13
4.6.1	Druhy uložišť	13
4.6.2	Druhy protokolů	13
4.6.3	Disková pole RAID	14
4.6.4	Ukázka sdílení vzdálené složky serveru pomocí protokolu NFS	14
4.7	Správa virtualizace.....	15
4.7.1	Produkty poskytující správu virtualizace.....	15
4.7.2	Ukázka zálohy a obnovy Ubuntu Server v programu VirtualBox.....	16
5	Společnosti poskytující nástroje pro virtualizaci	17
5.1	VMware.....	17
5.2	Oracle Corporation.....	18
6	Porovnání virtualizačních nástrojů	19
6.1	Instalace virtualizačních nástrojů	19
6.2	Instalace virtuálního počítače pomocí jednotlivých prostředí	19
6.3	Vytvoření VLAN sítě.....	20
6.4	Připojení USB zařízení k virtuálnímu počítači	21
6.4.1	Připojení flash disku k virtuálnímu počítači.....	21
6.4.2	Připojení Wi-Fi USB adaptéru k virtuálnímu počítači	21
7	Využití virtualizace ve výuce	23
7.1	Virtualizace v jednotlivých předmětech a učebnách	23
7.2	Návrh řešení problémů v laboratorních úlohách	24

7.2.1	Úloha MKPM 3.....	24
7.2.2	Úloha MKPM 4.....	25
8	virtualizační technologie	27
8.1	Kontejnerová virtualizace	27
8.1.1	Instalace Docker Container pro Windows	27
8.1.2	Instalace Docker Container pro Linux	29
8.1.3	Instalace Docker Toolbox pro Windows.....	30
8.1.4	Instalace Kali Linux Docker.....	30
8.1.5	Zhodnocení kontejnerové virtualizace	31
8.2	Microsoft WSL.....	33
8.2.1	Povolení WSL na Windows 10	33
8.2.2	Instalace operačního systému Kali pro WSL.....	34
8.2.3	Zhodnocení Microsoft WSL	36
8.3	Formáty virtuálních strojů.....	36
8.3.1	Virtuální počítač ve VirtualBox a VMware Player	36
8.3.2	Nástroje pro konvertování virtuálních disků.....	38
8.3.3	Využití nástrojů pro konvertování virtuálních disků.....	40
8.4	Microsoft Hyper-V	40
8.4.1	Rychlé vytvoření virtuálního počítače.....	41
8.4.2	Vytvoření virtuálního počítače/disku/jednotky	41
8.4.3	Import a export virtuálních strojů	43
8.4.4	Vytvoření virtuálního přepínače.....	43
9	Aplikace konkrétních řešení.....	45
9.1	Kontejnerová virtualizace	45
9.1.1	Instalace operačního systému Ubuntu Server	45
9.1.2	Instalace nástroje Docker na systém Ubuntu Server	45
9.1.3	Realizace laboratorní úlohy MKPM3.....	46
9.1.4	Realizace VLC.....	46
9.1.5	Realizace laboratorní úlohy BARS 6	47
9.1.6	Přístup k jednotlivým kontejnerům.....	50
9.2	Technologie WSL na operačním systému Windows 10	50
9.2.1	Vytvoření virtuálního počítače v prostředí VMware Player s operačním systémem Windows 10 Pro	50
9.2.2	Realizace laboratorní úlohy BARS 4	51
	Závěr.....	52
	Literatura	54
	Seznam symbolů a zkratek.....	57
	Seznam příloh.....	58

Seznam obrázků

Obr. 1 Výpis detailních informací o procesoru	3
Obr. 2 Chybové hlášení (nedostupná VT-x / AMD-V akcelerace).....	4
Obr. 3 Ukázka prostředí Evalaze	6
Obr. 4 Povolení vzdáleného přístupu	8
Obr. 5 Schéma softwarové virtualizace	9
Obr. 6 Schéma hardwarové virtualizace	9
Obr. 7 Výběr instalačního média	10
Obr. 8 Nastavení DHCP serveru hostitelské sítě	12
Obr. 9 Nastavení síťové karty pro Ubuntu Desktop a Server	13
Obr. 10 Ukázka nastavení exportu sdílené složky	15
Obr. 11 Ukázka nainstalovaných ovladačů síťové karty ve Správci zařízení.....	20
Obr. 12 Filtry USB zařízení ve VirtualBox.....	22
Obr. 13 Zapojení pracoviště laboratorní úlohy MKPM	24
Obr. 14 Funkce systému Windows – povolení kontejnerů a HyperV	28
Obr. 15 Ukázka nastavení spuštěného stroje v prostředí Docker	28
Obr. 16 Výpis vytvořených kontejnerů prostřednictvím nástroje PowerShell.....	31
Obr. 17 Nastavení vývojářského režimu	34
Obr. 18 Obchod Microsoft Store se systémem Kali WSL.....	35
Obr. 19 Prostředí nástroje VMware Converter.....	39
Obr. 20 Prostředí nástroje V2V Image Converter.....	39
Obr. 21 Rychlé vytvoření virtuálního počítače prostřednictvím Hyper-V.....	41
Obr. 22 Správce virtuálního přepínače Hyper-V.....	44
Obr. 23 Konfigurační soubor vsftpd.conf FTP serveru	48
Obr. 24 Konfigurační soubor sip.conf ústředny Asterisk.....	49
Obr. 25 Konfigurační soubor extensions.conf ústředny Asterisk.....	49
Obr. 26 Konfigurační soubor voicemail.conf ústředny Asterisk	49

Seznam tabulek

Tab. 1 HW nároky operačních systémů Windows.....	4
Tab. 2 HW nároky spuštěných virtualizačních nástrojů	4

1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je seznámení se s jednotlivými technologiemi virtualizace, mezi které patří například jednotlivé druhy virtualizace (virtualizace serverů, Docker Container), nástroje umožňující virtualizaci (VirtualBox, VMware) a následně pak porovnat jejich výhody a nevýhody a tyto teoretické znalosti otestovat.

Jednotlivé informace pro tuto práci budu čerpat především z dostupných zdrojů jako jsou knihy, či různé elektronické články. Tyto poznatky následně otestuji na dostupném HW. Chtěl bych, tak vytvořit práci která je koncipována jako souhrn virtualizačních metod a nástrojů a jejich vzájemné porovnání. Tato práce by měla sloužit i jako návod pro výběr vhodného virtualizačního nástroje a následnou instalaci virtuálního operačního systému.

Hlavním přínosem této bakalářské práce by pak mělo být seznámení se s různými druhy virtualizace a všemi dalšími náležitostmi a následně vybrat nejvhodnější nástroj pro výuku síťových technologií na Ústavu telekomunikací.

2 POČÁTKY VIRTUALIZACE A JEJÍ NÁSLEDNÝ VÝVOJ

Virtualizace je technologie, která umožní pomocí jednoho počítače (jeden hardware) spustit nezávisle několik dalších operačních systémů a aplikací. Obecný princip virtualizace je možné popsat tak, že jeden fyzický počítač (hardware), na kterém je nainstalovaný operační systém, nad kterým je umístěna virtualizační vrstva.

Virtualizační vrstvu je možné chápat jako vrstvu, která umožňuje chod (zajištění komunikace mezi hardware fyzického počítače a virtuálním operačním systémem) a provoz operačního nebo operačních systémů, které jsou nad touto vrstvou.

Poprvé se virtualizace objevila asi v 60.letech, kdy tuto technologii představila firma IBM u jejich sálových počítačů. Jejich cílem bylo zvýšení účinnosti tehdejších sálových počítačů. V té době každý sálový počítač zvládal pouze jednu operaci v určitý časový okamžik, ale zavedením virtualizace se ze sálových počítačů mohly stát tzv. vícevláknové zařízení, které by mohly v jeden časový okamžik zvládat více výpočetních operací, a tím by se zlepšila účinnost jeho hardware. Firma IBM poprvé virtualizaci použila u modelu IBM 704 [1].

IBM 704 je sálový počítač, který vznikl v roce 1954 a byl navržen pro vědeckotechnické účely. Jeho princip spočíval ve využití elektronek a feritových pamětí. Procesor tohoto počítače dokázal zpracovat celá čísla nebo čísla s pevnou a pohyblivou řádovou čárkou a alfanumerické znaky (do slova byly vloženy po šesticích, slovo tak mělo celkovou délku 36 bitů).

Roku 1998 byla založena firma VMware, která se jako první začala zabývat virtualizací u osobních počítačů [2], [3].

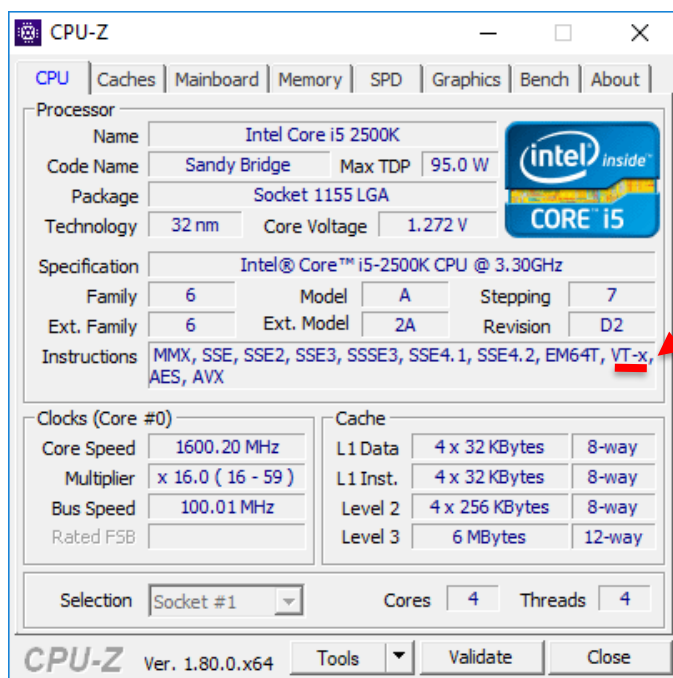
V roce 2005 firma Intel uvádí na trh nové procesory Intel Pentium 4. generace, a to modely 662 a 772 architektury x86, které nově podporují tzv. Intel VT-x. Dnes už většina nejnovějších serverových, desktopových nebo mobilních procesorů Intel technologii VT-x podporují [4].

Hned po Intelu roku 2006 přichází s podporou virtualizace i firma AMD, která tuto technologii nazývá AMD-V. Poprvé se AMD-V objevila v procesorech AMD Athlon 64 FX a AMD Athlon 64 X2 (socket AM2) [4].

3 HARDWARE POTŘEBNÝ PRO VIRTUALIZACI

Aby bylo možné použít virtualizaci je nutná podpora ze strany hardware. Nejčastěji se v praxi můžeme setkat s pojmy Intel VT a AMD-V. Co se týče jednotlivých procesorů, je lepší se podívat do seznamu podporovaných procesorů u výrobce, popřípadě do parametrů samotného procesoru. Další možností pro zjištění podpory Intel VT a AMD-V je například stažení testovacích nástrojů od Intelu, popř. AMD nebo volně dostupného nástroje CPU-Z. Nejnovější procesory Intel mají kromě zmiňované technologie VT-x i technologii VT-d, u AMD technologie AMD-Vi, která umožňuje virtuálnímu operačnímu systému přístup k fyzickému hardwaru počítače (např. grafická nebo zvuková karta).

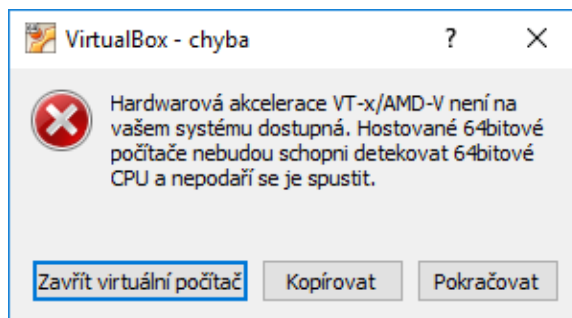
CPU-Z – je nástroj, který umožňuje zjistit detailní informace o CPU. S tímto programem je také možné si vyhledat informace o verzi BIOSu, základní desce, pamětech RAM nebo grafické kartě.



Označení Intel VT (daný procesor podporuje virtualizaci)

Obr. 1 Výpis detailních informací o procesoru

Před samotnou instalací a spuštěním virtuálního stroje je potřeba přejít do BIOSu počítače a povolit položku Virtualization Technology. I když procesor virtualizaci podporuje, tak je v základním nastavení tato technologie deaktivována. V případě neaktivování této technologie se pak připravený virtuální operační systém nespustí a použitý virtualizační nástroj zobrazí chybovou hlášku.



Obr. 2 Chybové hlášení (nedostupná VT-x / AMD-V akcelerace)

I když většina nejnovějších procesorů virtualizaci podporuje, je nutné celkově vybírat hardware jehož celkový výkon bude dostačující, jak pro chod hostitelského operačního systému, tak operačního systému virtualizovaného.

Pro příklad uvedu HW nároky na procesor a velikost operační paměti operačních systémů Windows 7 a Windows 10.

	Windows 7	Windows 10
Procesor	x86 nebo x64 s frekvencí 1 GHz	Procesor s frekvencí 1GHz
Paměť RAM	1 GB pro x86, 2 GB pro x64	1 GB pro x86, 2 GB pro x64

Tab. 1 HW nároky operačních systémů Windows

	VMware Workstation	VirtualBox
Procesor	x64 s frekvencí 1,3 GHz	x86 nebo x64
Paměť RAM	Přibližně 24 MB	Přibližně 30 MB

Tab. 2 HW nároky spuštěných virtualizačních nástrojů

V Tab.1 jsou uvedeny pouze minimální HW nároky. Nutné je taky připočítat HW nároky virtualizačního nástroje. HW nároky spuštěných virtualizačních nástrojů jsou vedeny v Tab.2. Pokud tedy budu uvažovat počítač, na kterém je nainstalován například operační systém Windows 10 a budu chtít na něj instalovat virtuálně systém Windows 7, bude vhodné přidělit virtualizovanému systému alespoň 2 jádra procesoru a 4 GB operační paměti.

Pokud porovnám HW nároky uvažovaného počítače s počítači v laboratorní učebně SC 5.32 na Ústavu Telekomunikací, můžu říct, že počítače v této laboratoři splňují požadavky k virtualizaci operačního systému. Není tak potřeba volit nějaké nové hardwarové řešení. Pokud by se, ale z nějakého důvodu uvažovalo o obměně hardwaru počítačů, volil bych jako vhodnou sestavu počítač například s procesorem Intel i7-8700. Jedná se o nový procesor, který má 6 fyzických jader s patičí LGA 1151 a architekturou Coffe Lake s frekvencí 3200-4600 MHz. Tento procesor obsahuje i technologii VT-d (přístup k fyzickému HW). K tomuto procesoru bych pak zvolil operační paměti Kingston HyperX Fury Black (2x8 GB).

4 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ VIRTUALIZACE

První zmínka o virtualizaci je už více jak 50 let stará. Za tuto dobu prošla velkým rozvojem a dnes, tak existují různé typy virtualizačních systémů od virtualizace jednotlivých aplikací až po virtualizaci celých systémů. V této práci jsem rozdělil virtualizaci do sedmi částí, a to následovně [5]:

- Virtualizace aplikací
- Virtualizace prezentační vrstvy
- Virtualizace serverů
- Virtualizace na úrovni operačního systému
- Virtualizace sítí
- Virtualizace uložišť
- Správa virtualizace

4.1 Virtualizace aplikací

Virtualizace aplikací má obdobný princip jako virtualizace operačního systému, kde se snažíme oddělit operační systém od hardware pomocí tzv. virtualizační vrstvy. Virtualizace aplikací spočívá v oddělení provozované aplikace od operačního systému. Virtualizovaná aplikace, tak funguje vůči operačnímu systému zcela nezávisle a nezasahuje tak do operačního systému. Velkou výhodou těchto aplikací je, že instalaci provedeme pouze jednou, a pak je možné tuto vytvořenou virtuální aplikaci přenést například na flashdisk nebo nějaký server a spustit ji na jiném počítači. Aplikace je spustitelná na jakémkoliv verzi Windows, a to díky virtualizační vrstvě, která zajišťuje komunikaci mezi virtualizovanou aplikací a operačním systémem. Mezi nejznámější firmy, které se tímto druhem virtualizace zabývají jsou: Microsoft, VMware, Citrix nebo InstallFree [5].

4.1.1 Druhy virtualizace aplikací

Virtualizaci aplikací je možné rozdělit do dvou kategorií, a to na aplikační virtualizaci bez použití agentů a aplikační virtualizaci s použitím streamovacích technologií (ke spuštění dané aplikace musí být dostupný agent).

Aplikační virtualizace bez použití agentů

Tyto aplikace se obejdou bez streamovacích technologií. Aplikace má své spouštěcí soubory (agent je obsažen v těchto spouštěcích souborech) a díky tomu je možné ji

lépe přenést a spustit na jiném počítači. Nevýhodou tohoto řešení je horší stabilita a kontrola nad danou aplikací oproti řešení s použitím agentů. Mezi nejznámější aplikace poskytující tuto technologii patří [5]:

- VMware ThinApp
- InstallFree Bridge
- Evalaze

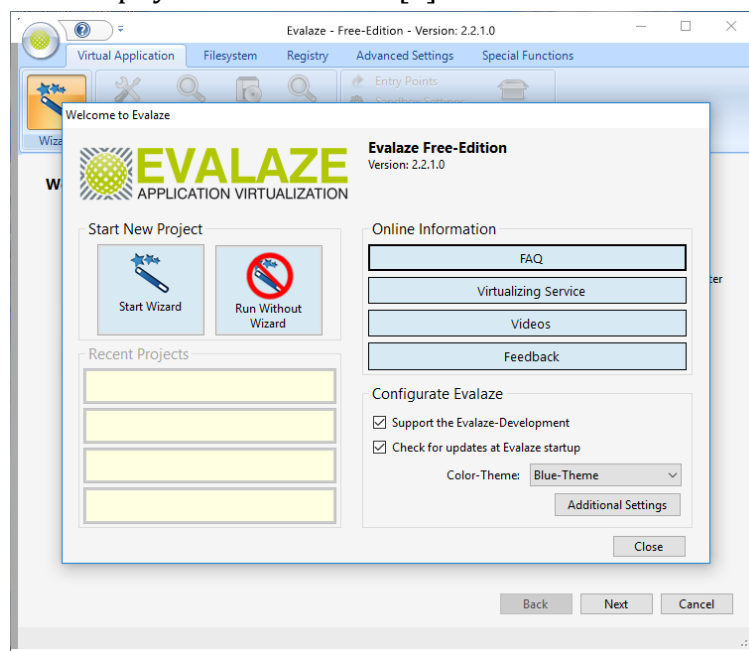
Aplikační virtualizace s použitím streamovacích technologií

Aby bylo možné tuto virtualizovanou aplikaci spustit je nutné, aby v zařízení, na kterém se tato aplikace bude spouštět byl nainstalován agent. Agent musí být dostupný již před spuštěním dané aplikace. Může se říct, že agent tvoří jakýsi základní druh ochrany aplikace, protože, pokud není před spuštěním aplikace nainstalován agent, tuto aplikaci není možné spustit. V operačních systémech Windows je již několik agentů integrováno, jako například Windows Update Client nebo Windows Search. Mezi aplikace, poskytující tuto technologii patří [5]:

- Microsoft Application Virtualization (App-V)
- Symantec Workspace Virtualization
- Citrix XenApp

4.1.2 Ukázka vytvoření portable aplikace pomocí Evalaze

Jako praktickou ukázkou jsem si zkusil vytvořit portable aplikaci v programu Evalaze. Evalaze je software pro tvorbu virtuálních aplikací, který umožňuje běh aplikace v tzv. sandboxu (uzavřený prostor) a nemá tak vliv na operační systém. Tento program je volně dostupný v základní verzi [6].



Obr. 3 Ukázka prostředí Evalaze

Evalaze umožňuje v základní podobě vytvořit portable aplikaci s celkovou velikostí do 1 GB. Instalace probíhá pomocí průvodce. Po založení projektu a nastavení základních parametrů aplikace požaduje vložení instalačního souboru programu. Po vložení instalátoru se spustí klasický průvodce instalací vybrané aplikace, v tomto případě instalátor Adobe Reader DC. Po dokončení instalace se dál pokračuje průvodcem v Evalaze.

Před virtualizací Evalaze umožňuje výběr ze dvou profilů: WriteCopy-Mode (aplikace bude pracovat uvnitř sandboxu, z operačního systému bude možné pouze čtení) a Merge-Mode (aplikaci bude umožněno čtení i zápis v operačním systému). Nakonec se určí cesta ke složce, kam se má finální projekt uložit.

4.2 Virtualizace prezentační vrstvy

Virtualizace prezentační vrstvy, označována taky jako terminálové služby, které jsou součástí systémů Windows. Terminálové služby se poprvé objevily ve Windows NT, a to jako samostatný systém Windows NT Server 4.0 Terminal Server Edition. Od vzniku Windows Server 2008 jsou terminálové služby označovány jako Služby vzdálené plochy (Remote Desktop Services, zkratka RDS). Uživateli je umožněno pomocí této služby získat kontrolu nad vzdálenými nebo virtuálními počítači. Velkou výhodou použití RDS je, že programy a aplikace je možné instalovat přímo na server. Uživatel (client) se pak pomocí RDS přihlásí k serveru a může aplikaci otevřít na svém zařízení, které je připojeno v síti se serverem. Tím odpadávají starosti s instalací aplikací na všechna zařízení v síti a jejich následnou údržbou (aktualizace, přeinstalace) [7].

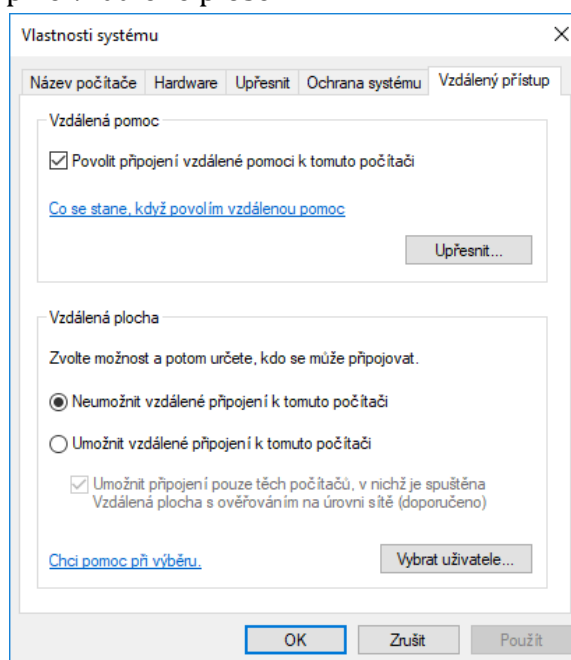
4.2.1 Role Služby vzdálené plochy

- **Brána** umožňuje klientovi se připojit k serveru z jakéhokoli zařízení, které je připojeno k internetu [7].
- **Licencování** se stará o řízení licencí (licence CAL), které jsou nutné ke klientskému přístupu k vzdálené ploše. Licence CAL jsou požadovány k umožnění připojení uživatele k serveru Hostitel relací [7].
- **Hostitel relací** zajišťuje hostování vzdálených programů nebo celou plochu Windows. Uživatel po připojení k hostiteli relací může ukládat soubory nebo přistupovat a spouštět programy [7].
- **Hostitel virtualizace** ve spojení s Hyper-V umožňuje hostování počítače a poskytuje ostatním uživatelům jeho tzv. virtuální plochu a užívat, tak jeho aplikace a připojení [7].
- **Zprostředkovatel připojení** umožňuje uživatelům přihlášení k vzdálenému počítači, aplikacím přes lokální síť a Internet [7].

- **Webový přístup** umožňuje uživatelům se připojit ke vzdálené ploše nebo aplikacím, buď přes Start nebo webový prohlížeč [7].

4.2.2 Ukázka připojení k počítači pomocí vzdálené plochy

Před samotným připojením ke vzdálené ploše, je nutné ve vlastnostech systému u hostovaného počítače tuto možnost povolit a popřípadě vybrat uživatele, kterým bude povolen přístup ke vzdálené ploše.



Obr. 4 Povolení vzdáleného přístupu

Po dokončení nastavení je možné spustit aplikaci Připojení ke vzdálené ploše, kde se zadá název počítače a uživatelské jméno, poté je možné se připojit ke vzdálenému počítači. Aplikace dále umožňuje nastavit rozlišení, zvuk, výkon, připojení nebo vzdálený přístup prostřednictvím brány.

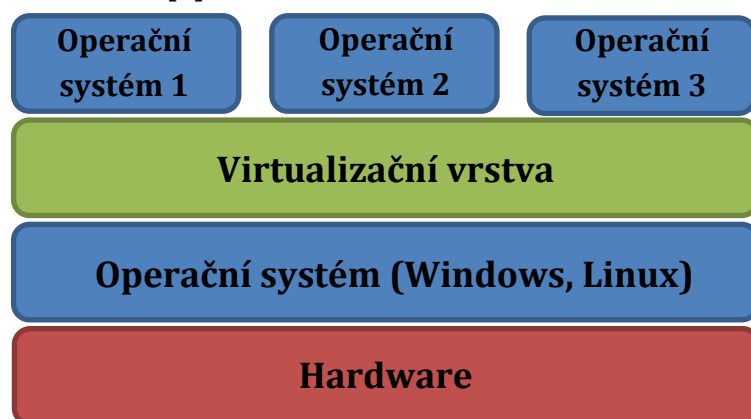
4.3 Virtualizace serverů

Virtualizace serverů využívá stejnou technologii jako virtualizace desktopů. Tato technologie umožní virtualizovat operační systémy s platformami x86 a x64. Je tak možné virtualizovat různé operační systémy, jako například různé edice systémů Windows nebo Linux. Fyzický server tak funguje jako tzv. hostitel všech instalovaných virtuálních strojů. Vývojem nástrojů pro serverovou virtualizaci se zabývají firmy: Microsoft, Citrix, VMware nebo Oracle [5].

4.3.1 Rozdělení serverové virtualizace

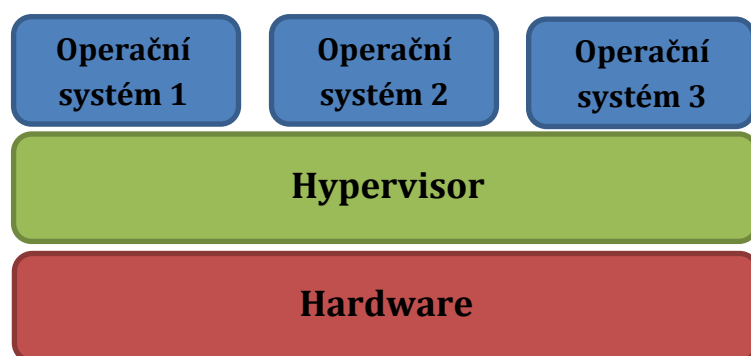
Virtualizaci serverů je možné rozdělit do dvou kategorií, a to softwarová virtualizace a hardwarová virtualizace.

Princip softwarové virtualizace je zobrazen na obrázku č.5. K softwarové virtualizaci je nutné použít operační systém hostitele. Virtualizovaný operační systém tak běží nad operačním systémem hostitele. Využití této virtualizace je vhodné například pro odzkoušení nebo ladění nějakého projektu, výhodou je taky větší množství bezplatných a volně dostupných nástrojů. Naopak použití této virtualizace je nevhodné například v různých podnicích a firmách, protože virtualizovaný operační systém je závislý na operačním systému hosta. To nese své nevýhody, například při aktualizacích, kdy je nutné hostitelský operační systém restartovat, protože s restartem nebo vypnutím hostitelského počítače se vypnou i počítače virtualizované [5].



Obr. 5 Schéma softwarové virtualizace

Princip hardwarové virtualizace je zobrazen na obrázku č.6. K hardwarové virtualizaci není potřeba hostitelský operační systém. Virtualizovaný operační systém se spouští nad hardwarem. Spuštění tohoto operačního systému nad hardwarem zajišťuje engine tzv. hypervisor. Jeho úkolem je zajištění komunikace mezi hardwarem a virtualizovaným operačním systémem. Velkou výhodou oproti softwarové virtualizaci je nezávislost na dalším operačním systému (hostitel) [5].

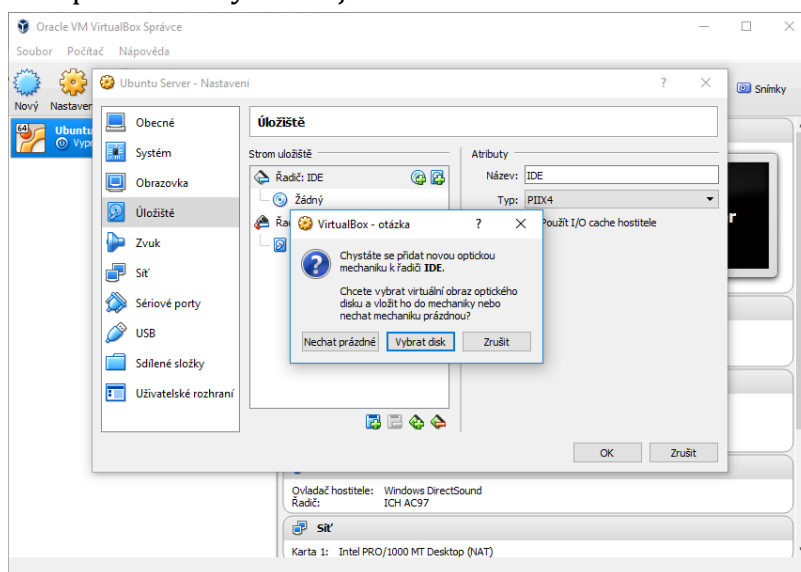


Obr. 6 Schéma hardwarové virtualizace

4.3.2 Ukázka instalace Ubuntu Server pomocí VirtualBox

Jako praktickou ukázkou serverové virtualizace jsem si vyzkoušel instalaci operačního systému Ubuntu 16.04 Server v programu VirtualBox. Nejdříve je potřeba před samotnou instalací vytvořit virtuální počítač. Konfigurace virtuálního počítače se provádí pomocí průvodce, kde se nejdříve nastaví jeho název a vybereme verzi operačního systému, který na disk budeme instalovat. V dalším kroku bude nutné nastavit velikost operační paměti, která bude virtuálnímu operačnímu systému přidělena. Po dokončení těchto nastavení bude dále potřeba vytvořit virtuální pevný disk, zvolil jsem virtuální disk typu VDI pevné velikosti, je ale možné vytvořit i tzv. dynamicky alokovaný virtuální disk, který na fyzickém disku bude zabírat místo podle toho, jak je zaplněn. Nakonec je potřeba zvolit cestu, kam se má virtuální pevný disk vytvořit, zadat jeho jméno a stanovit jeho velikost. Tím je konfigurace dokončena, po vytvoření disku je možné přejít k samotné instalaci operačního systému.

Před spuštěním virtuálního stroje je nutné nejdříve přejít do jeho nastavení a vložit obraz operačního systému (instalační médium) do optické mechaniky. Vložení obrazu operačního systému je zobrazeno na obrázku č.7.



Obr. 7 Výběr instalačního média

Vložení instalačního média jsem provedl tak, že jsem zvolil možnost přidat optickou mechaniku a pomocí volby *Vybrat disk* jsem vložil obraz operačního systému a zatrhl jsem možnost *Live CD/DVD*. Tato možnost zajistí odpojení optické mechaniky po dokončení instalace operačního systému.

Po spuštění virtuálního stroje se spustí klasický průvodce instalací Ubuntu Server. Při instalaci se postupně nastaví parametry, jako jsou jazyk operačního systému, rozložení klávesnice nebo časové pásmo. Dalším krokem průvodce instalací je konfigurace diskových oddílů. V této ukázce jsem disk

nerozděloval, ponechal jsem disk jako jeden oddíl. Na konci instalace je pak možné nastavit doinstalování dalšího rozšíření, například Samba file server, MAIL server, Print server a další. Při instalaci Ubuntu Server jsem žádná rozšíření neinstaloval, ponechal jsem pouze základní nastavení. Po dokončení všech nastavení je možné spustit instalaci.

4.4 Virtualizace na úrovni operačního systému

Virtualizace na úrovni operačního systému nebo taky kontejnerová virtualizace dokáže spustit několik virtuálních strojů označované jako tzv. kontejnery. Kontejnery jsou izolované a na sobě zcela nezávislé a pro svůj běh využívají jádro operačního systému. Princip spočívá v tom, že do tzv. kontejneru se vloží aplikace včetně její náležitostí jako jsou všechna nastavení a její dílčí úpravy. Kontejner s vloženou aplikací je možné různě přesouvat a aplikace tak jde spustit v různých místech jejího nasazení. Snahou této technologie je maximální využití hardware. Mezi hlavní výhody této virtualizace patří účinnost, kdy je na jednom hardware možné spustit více než dvojnásobek kontejnerů oproti klasickým virtuálním operačním systémům. Tento systém má však i své nevýhody. Problém nastává například při aktualizaci hostitelského počítače, kdy aktualizace může způsobit nestabilitu či dokonce pád některých aplikací. Všechny tyto vzniklé pády mohou ovlivnit vytvořené kontejnery. Kontejnerovou virtualizaci je možné použít jak na Linux, tak i na Windows. Mezi nejznámější software pro kontejnerovou virtualizaci patří OpenVZ (pro linuxové systémy), Docker (podpora systémů Linux, Windows), Solaris Containers, FreeBSD Jails [8], [9].

Docker je open source projekt poskytující kontejnery. Software byl poprvé vydán roku 2013. Mezi nejznámější společnosti, které Docker využívají patří: Google (vyhledávání, Gmail, Google Docs), Spotify a další [10], [11].

4.5 Virtualizace sítí

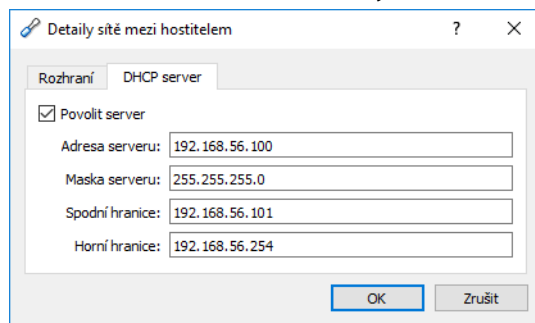
Virtualizace sítí je spojení hardwarových a softwarových prvků. Mezi tyto prvky patří například switche, síťové karty, síťové uložení, firewall a další. Jeden z nejjednodušších a nejznámějších způsobů provedení síťové virtualizace je virtuální lokální síť VLAN. Principem VLAN je logické dělení fyzické sítě, to znamená, že se tato síť se dá rozdělit na několik dalších menších sítí (podsítí). Mezi výhody těchto sítí patří například snížení HW nároků, možnost oddělení části provozu do podsítě nebo zvýšení bezpečnosti (oddělením části provozu do podsítě).

4.5.1 Technologie NIC teaming

Virtualizační nástroje jako například VMware nebo VirtualBox používají tzv. technologii NIC teaming. Tato technologie umožňuje připojit současně několik síťových karet. Například jedna karta se použije k vytvoření interní sítě pro vzájemnou komunikaci virtuálních počítačů s hostitelem a druhá pro komunikaci s externí sítí [5], [12], [13], [14].

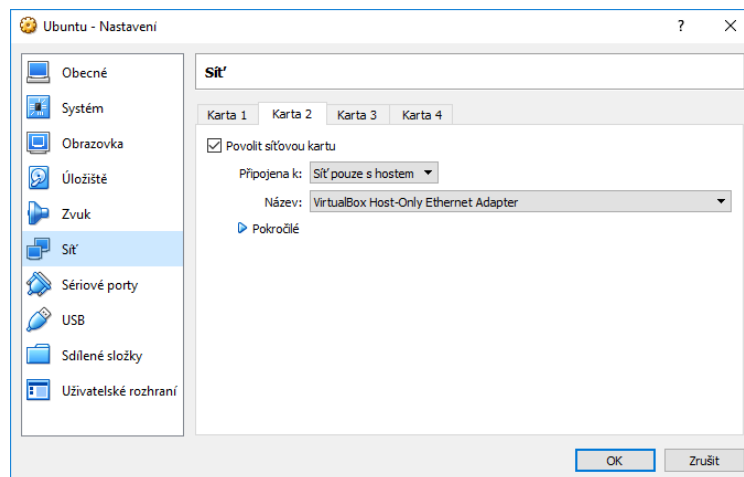
4.5.2 Ukázka vytvoření virtuální sítě VLAN ve VirtualBox

Před vytvořením VLAN sítě je nutné vytvořit několik virtuálních počítačů. Pro ukázkou použiji dva operační systémy, a to Ubuntu 16.04 Desktop a Ubuntu 16.04 Server. Jako virtuální síť bude použita tzv. síť pouze s hostem. Tyto sítě jsou velmi podobné sítím interním, hosté nevidí vnější síť, ale vidí pouze sami sebe. Virtualbox vytvoření těchto sítí přímo nabízí i s možností DHCP serveru. Je tak možné vytvářet a spravovat nové hostitelské sítě. VirtualBox má přednastavenou síť VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter. Jedná se o síť pouze s hostem. Tuto přednastavenou síť jsem použil i v této ukázce, kde jsem pro tuto síť povolil a nastavil DHCP server. Nastavení DHCP serveru je zobrazeno na obrázku č.8.



Obr. 8 Nastavení DHCP serveru hostitelské sítě

Po dokončení nastavení sítě je nutné nastavit síťovou kartu operačních systémů. Zatímco v Ubuntu Server je povolena pouze jedna síťová karta, tak v Ubuntu Desktop jsou povoleny karty dvě. Je to způsobeno tím, že Karta 1 u desktopového systému je připojena k překladači síťových adres NAT, který zde zajišťuje přístup k internetu. Nastavení síťových karet virtuálních operačních systémů je zobrazeno na obrázku č.9.



Obr. 9 Nastavení síťové karty pro Ubuntu Desktop a Server

Po dokončení všech nastavení je tak možné spustit oba operační systémy a vyzkoušet mezi nimi spojení. Spojení mezi dvěma virtuálními operačními systémy jsem vyzkoušel pomocí příkazu `ping`.

4.6 Virtualizace uložišť

Pojem virtualizace uložišť je možné chápat jako technologii, která zajišťuje správu mezi fyzickými uložišti a to tak, že tato uložiště spojí. Navenek se tak jedná o jedno velké uložiště, které se ve skutečnosti skládá z několika menších fyzických uložišť. Může se tak jednat o technologii čistě softwarovou či kombinaci software a hardware [5].

4.6.1 Druhy uložišť

NAS je datové uložiště, které umožňuje připojení několika disků. Toto uložiště je pak připojeno k síti a je možné se k němu připojit z jakéhokoliv zařízení, které je připojeno ke stejné síti. Uložiště NAS má různé druhy použití, jako například datový či multimediální server nebo webový server [15].

DAS je jakékoliv uložiště jak interní, tak externí, které je připojeno přímo k počítači či nějakému serveru [16].

SAN je síť, která slouží k připojení externích zařízení, jako jsou například disková pole či jiná zařízení. Využití toho druhu sítě je například ve velkých firmách, kde je potřeba často zvyšovat kapacitu uložišť, popřípadě docílení rychlé obnovy při poruše [17].

4.6.2 Druhy protokolů

Mezi nejznámější protokoly, které zajišťují komunikaci mezi uložišti a zařízeními patří:

NFS je protokol, který umožňuje vzdálený přístup ke sdíleným souborům [18].

FTP je protokol, který umožňuje přenos souborů mezi počítači, které jsou připojené ve stejné síti. Ke komunikaci používá protokol TCP [15].

SFTP je protokol, který zajišťuje bezpečný přenos dat v síti [15].

HTTP je protokol, který je určen pro přenos HTML souborů [15].

4.6.3 Disková pole RAID

Jedná se o technologii, která dokáže spojit několik fyzických disků, které se navenek chovají jako jeden velký disk. RAID pole, tak tímto způsobem dokáží zabezpečit data uložená na discích. Například v případě selhání jednoho z disků nedochází ke ztrátě dat, data jsou nadále přístupná díky kopii, která je ihned k dispozici. Mezi nejznámější RAID pole patří [19]:

RAID 0 nezajišťuje žádná zabezpečení proti výpadku disků, pouze spojuje disky, kde výsledná kapacita uložení je rovna součtu všech kapacit disků [19].

RAID 1 neboli zrcadlení oproti RAID 0 nabízí zabezpečení při selhání jednoho z disků [19].

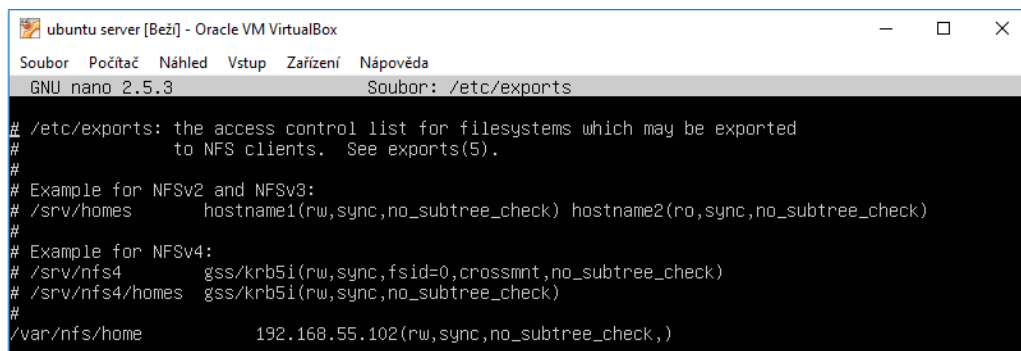
RAID 5 musí mít alespoň tři disky. Na dvou discích se nachází data, na posledním disku jsou uloženy všechny samoopravné kódy [19].

RAID 10 je víceúrovňové diskové pole. Jedná se o kombinaci polí RAID 0 a RAID 1 [19].

4.6.4 Ukázka sdílení vzdálené složky serveru pomocí protokolu NFS

Jako praktickou ukázkou jsem vytvořil vzdálené sdílení složky, která je vytvořena v serveru (host). K této složce se pak budu připojovat pomocí počítače (client), a to tak, že jsem v počítači vytvořil složku. Do této složky pak bude nasdílena složka ze serveru.

Pro ukázkou připojení ke vzdálené složce pomocí protokolu NFS jsem použil dva operační systémy, a to Ubuntu 16.04 Desktop (klient) a Ubuntu 16.04 Server (host). Oba tyto systémy jsou připojeny k VLAN síti. Pro možnost vzdáleného sdílení složky je nutné, aby na obou systémech byly nainstalované balíčky pro podporu NFS. U hosta je to balíček nfs-kernel-server a u klienta balíček nfs-common. Dále je nutné, aby na serveru (host) byla vytvořena složka ke vzdálenému sdílení. Ta bude sdílena do vytvořené složky v počítači (klient). Nakonec se nastaví práva sdílené složky pomocí příkazu: `sudo chmod 777 -R /cesta ke složce`. Nyní je sdílená složka připravena k exportu. Nastavení exportu se provede pomocí příkazu: `sudo nano /etc/exports` [20]. Nastavení vzdálené složky v serveru je zobrazeno na obrázku č.10.



```
ubuntu server [Beží] - Oracle VM VirtualBox
Soubor Počítač Náhled Vstup Zařízení Nápověda
GNU nano 2.5.3 Soubor: /etc/exports

# /etc/exports: the access control list for filesystems which may be exported
# to NFS clients. See exports(5).
#
# Example for NFSv2 and NFSv3:
# /srv/homes hostname1(rw,sync,no_subtree_check) hostname2(ro,sync,no_subtree_check)
#
# Example for NFSv4:
# /srv/nfs4 gss/krb5i(rw,sync,fsid=0,crossmnt,no_subtree_check)
# /srv/nfs4/homes gss/krb5i(rw,sync,no_subtree_check)
#
/var/nfs/home 192.168.55.102(rw,sync,no_subtree_check,)
```

Obr. 10 Ukázka nastavení exportu sdílené složky

V nastavení exportu jsem přidal nový řádek, kde jsem napsal cestu ke sdílené složce v tomto případě `/var/nfs/home`, dále ip adresu klienta, v tomto případě `192.168.55.102` a nakonec jsem nastavil klientova práva jako například `rw` (čtení, zápis), `sync` (synchronní provoz, zajištění vyšší stability). Po dokončení všech nastavení je možné se připojit z klientského počítače ke sdílené složce v serveru. Připojení se provede pomocí příkazu:

`sudo mount ip:/cesta k sdílené složce /cesta k složce v PC.` Připojení k serveru si je taky možné ověřit pomocí příkazu: `df -h`. Díky tomuto příkazu je možné získat informace o tom, zda připojení ke vzdálené složce bylo úspěšné (v případě neúspěchu by nasdílena složka nebyla vidět), dále celkovou velikost uložště, kolik místa je již použito nebo popřípadě volného. Nyní je tak možné přistupovat ke sdílené složce nebo provádět čtení či zápis [20].

4.7 Správa virtualizace

Správu virtualizace je možné chápat jako soubor prostředků, které zajišťují údržbu virtuálního stroje. Mezi tyto prostředky patří například záloha virtuálního stroje, kdy při náhlém výpadku je možné virtuální počítač obnovit, dalším prostředkem může být zajištění různých diagnostických dat o využití jednotlivých virtuálních počítačů, kdy na základě těchto diagnostických výsledků je možné provádět další změny parametrů virtuálních strojů. Mezi firmy, které se zabývají správou virtualizace patří například: Veeam nebo Acronis. Veeam nabízí nástroje například pro správu či zálohu virtuálních systémů, kde základní verze tohoto software jsou zdarma. Software od Firmy Veeam zajišťuje podporu pro virtualizační nástroje Microsoft Hyper-V nebo VMware. Zálohovací software poskytuje taky firma Acronis, který umožňuje provést kompletní zálohu virtualizovaného operačního systému.

4.7.1 Produkty poskytující správu virtualizace

Veeam ONE / ONE Free Edition je nástroj pro vytváření virtuálních strojů a jejich monitorování.

Veeam Backup/ Backup Free Edition je nástroj pro zálohu virtuálního operačního systému.

Acronis Backup je nástroj pro zálohu systému. Tento software umožňuje vytvořit zálohu jak virtuálního systému, tak aplikací, Cloudu, mobilního zařízení nebo klasického desktopového operačního systému.

4.7.2 Ukázka zálohy a obnovy Ubuntu Server v programu VirtualBox

Jako praktickou ukázkou jsem si vyzkoušel zálohovat virtuální stroj s Ubuntu Server a následně provést jeho obnovu.

Záloha vybraného virtuálního operačního systému se provede přes možnost Exportovat virtuální appliance, kde v průvodci exportu se vybere cesta, kam má být záloha naimportována. Posledním krokem je možnost přidání popisu například k verzi operačního systému, licenci. Po dokončení těchto nastavení je možné provést export virtuálního stroje.

Případná obnova operačního systému se naopak provede přes možnost Importovat virtuální appliance, kde se nejdříve nastaví cesta k záloze. Dále je možné upravit nastavení virtuálního systému jako například úprava přidělené paměti RAM nebo změna počtu jader procesoru. Po dokončení nastavení je pak možné provést obnovu virtuálního operačního systému.

5 SPOLEČNOSTI POSKYTUJÍCÍ NÁSTROJE PRO VIRTUALIZACI

V dnešní době existuje velká řada firem, která se zabývá různými druhy virtualizací. Ale mezi nejznámější výrobce virtualizačních nástrojů patří VMware nebo společnost Oracle Corporation.

5.1 VMware

VMware je kalifornská společnost spadající pod společnost Dell Technologies, která byla založena v říjnu 1998, ale tajně. Oficiální založení je tak datováno na únor 1999. VMware se zabývá cloudovými službami, ale především vývojem virtualizačních nástrojů. Virtualizace se objevuje i přímo v názvu společnosti, kde první dvě písmena VM znamenají Virtual Machine. První produkt VMware se objevil v květnu 1999, a to virtualizační nástroj VMware Workstation. Roku 2001 VMware uvádí na trh serverové nástroje VMware GSX Server a VMware ESX Server. Od ledna 2004 VMware spadá pod Dell [21], [22].

Software pro desktopy

VMware Workstation je klasický virtualizační program, který umožňuje spustit několik virtuálních počítačů na jednom fyzickém. Je možné taky nainstalovat balíček VMware Tools, který nabízí další možnosti pro virtualizované systémy jako například vylepšení grafického výkonu, možnost sdílení adresářů a další [21], [22].

VMware Player je volně dostupný nástroj (freeware) nabízen od srpna 2008. [21], [22].

VMware Fusion má úplně stejnou platformu jako VMware Workstation s tím rozdílem, že VMware Fusion zajišťuje podporu pro zařízení MAC s procesory Intel a plnou kompatibilitu s ostatními produkty VMware [21], [22].

Software pro servery

VMware vSphere hypervisor je nástroj umožňující nasazení hardwarové virtualizace. Není tak potřeba žádný hostitelský systém, hypervisor komunikuje sám přímo s hardware.

VMware vSphere dříve VMware Infrastructure je virtualizační nástroj, který využívá technologii cloud computing. Cloud computing se dá vysvětlit jako poskytování aplikací či služeb ze vzdáleného serveru a přistupovat k nim pomocí webového prohlížeče [23].

5.2 Oracle Corporation

Oracle Corporation je americká společnost sídlící v Kalifornii. Byla založena v roce 1977. Oracle Corporation se zabývá například databázovými či cloudovými technologiemi nebo poskytuje virtualizační nástroj VirtualBox [24].

VirtualBox

VirtualBox je virtualizační nástroj, spustitelný jak na operačních systémech Windows, tak na systémech Linux či MAC OS. VirtualBox byl původně vyroben v Německu firmou Innotec GmbH. Od roku 2009 VirtualBox spadá pod společnost Oracle Corporation. Mezi hlavní funkce programu patří [25]:

VirtualBox Extension Pack je rozšíření, které je možné nainstalovat na virtuální stroj. Toto rozšíření zajišťuje například podporu virtuálních zařízení USB 2.0, USB 3.0, nebo podporu VirtualBox RDP (Remote Desktop Protocol) [25].

Podpora USB znamená, že k virtualizovanému systému se mohou připojit USB zařízení různých standardů (USB 1.1, USB 2.0, USB 3.0) [25].

Bezešvý režim umožňuje provést tzv. vyjmutí aplikace a aplikaci tak zobrazit na hostitelském systému. I když je aplikace spuštěna ve virtuálním systému, vypadá to jako by běžela na systému hostitelském [25].

Snapshots je možnost provést tzv. snímek obrazovky. To znamená, že například před začátkem nějaké zkoušky či testu je vytvořen snímek virtualizovaného operačního systému. Při testu náhle virtualizovaný operační systém spadne a díky vytvořenému snímku je možné virtualizovaný systém ihned obnovit do stavu před začátkem testu [25].

Sdílení složek umožňuje nasdílet složky hostitelského operačního systému do systému virtualizovaného [25].

Podpora hostitelských operačních systémů

VirtualBox podporuje všechny verze systémů Windows (Windows 2000 a novější, popřípadě Windows Server 2003 a novější), u systému Linux je podporovaný běh na verzích Ubuntu (Ubuntu 5.10 a novější), Debian nebo Fedora, běh je taky zajištěn na systémech MAC OS X [25].

Podpora virtualizovaných operačních systémů

VirtualBox dovoluje virtualizovat prakticky všechny verze systému Windows (už od verze Windows NT 4.0), virtualizovat se dají také všechny novější verze systémů Linux či další systémy jako například MS-DOS (je zde omezená podpora), Solaris a další [25].

6 POROVNÁNÍ VIRTUALIZAČNÍCH NÁSTROJŮ

V této kapitole se pokusím porovnat jednotlivé virtualizační nástroje. Porovnávat budu virtualizační nástroje VirtualBox a VMware Workstation. Budu porovnávat jednotlivé postupy jako například instalace samotných virtualizačních nástrojů, vytvoření virtuálních disků a následnou instalaci operačních systémů, vytvoření virtuální sítě, instalaci různých doplňků (např. přídatky pro hosta), a další. Chtěl bych tak zhodnotit jednotlivé výhody a nevýhody porovnávaných virtualizačních nástrojů. Výhodami a nevýhodami je myšleno například rychlost instalace, zda je nějaký postup složitější nebo jednodušší oproti druhému porovnávanému virtualizačnímu nástroji. Taky bych se chtěl zmínit o nejčastějších problémech porovnávaných virtualizačních nástrojů. Pokusím se tak popsat asi nejčastější problémy, a to problémy s připojením externích zařízení mezi které patří připojení flash disku nebo Wi-Fi USB adaptéru apod.

6.1 Instalace virtualizačních nástrojů

V případě instalace nástroje VirtualBox, tak VMware Workstation probíhala instalace pomocí průvodce instalace, pouze u nástroje VirtualBox bylo při samotném průběhu instalace nutné povolit instalaci jednoho nebo dvou ovladačů.

Při spuštění prostředí obou nástrojů je možné říct, že prostředí programu VirtualBox působí jednodušeji oproti programu VMware Workstation. Oproti VirtualBoxu je VMware o něco lépe zpracovaný. Ovšem velkou výhodou nástroje VirtualBox je to, že je volně dostupný, cena VMware Workstation PRO s licencí pro školy je asi 4 500 Kč, cena klasické licence se pohybuje asi kolem 7 500 Kč. Další nevýhodou VMware Workstation může být absence českého jazyka.

6.2 Instalace virtuálního počítače pomocí jednotlivých prostředí

Pro porovnání jsem pomocí obou nástrojů vytvořil virtuální počítač s operačním systémem Ubuntu 17.10 Desktop. Oběma těmito systémy jsem nastavil stejné parametry (velikost virtuálního disku, počet jader procesoru, velikost operační paměti). Průvodce instalací virtuálního počítače i samotná instalace operačního systému je u obou nástrojů velmi podobná. Při porovnání obou virtuálních počítačů je operační systém spuštěný v programu VMware Workstation znatelně rychlejší, jednotlivé animace operačního systému jsou plynulejší, doba startu a vypínání virtuálního stroje je rychlejší.

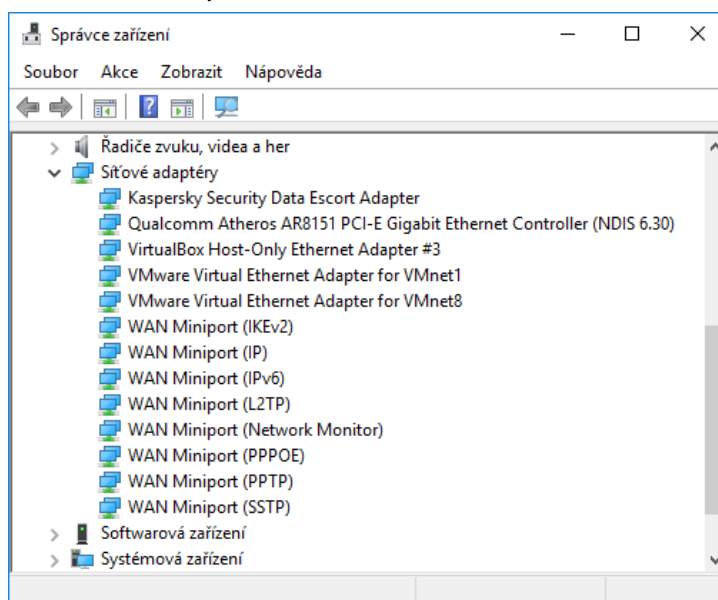
Instalace přídatků pro hosta

Instalace přídatků pro hosta v programu VirtualBox se provede přes záložku Zařízení, kde se zvolí volba Vložit obraz CD disku s přídatky pro hosta. V případě VMware se při prvním spuštění virtualizovaného operačního systému zobrazí okno s dotazem, zda chci nainstalovat přídatky pro hosta (VMware tools), popřípadě je možné přídatky pro hosta spustit přes záložku VM, kde se zvolí Install VMware tools. Po vložení disku s přídatky pro hosta se v obou případech spustí průvodce instalací (v případě Windows), problém pak nastává u Linuxu, kde není možné instalátor přímo spustit. V případě programu VirtualBox se dá tento problém vyřešit tak, že připojený obraz disku s přídatky pro hosta otevřu v průzkumníku. Na pravé straně průzkumníku se nachází volba Spustit software. Ve VMware jsem musel provést instalaci VMware tools přes příkazový řádek pomocí příkazu:

```
sudo apt-get install open-vm-tools-desktop -y.
```

6.3 Vytvoření VLAN sítě

Před samotným vytvořením či konfigurací VLAN sítě je nutné ověřit, zda jsou v hostitelském systému nainstalovány ovladače od síťové karty. V případě absence ovladače od síťové karty nebude možné virtuální počítač připojit k jakékoliv síti. Dostupnost ovladačů síťové karty je možné ověřit například pomocí Správce zařízení v hostitelském systému. Ukázka nainstalovaných ovladačů pomocí Správce zařízení je zobrazena na obrázku č.11.



Obr. 11 Ukázka nainstalovaných ovladačů síťové karty ve Správci zařízení

Při konfiguraci VLAN sítě ve VMware Workstation jsem nejdříve v nastavení virtuálního stroje zatrhl možnost vlastní specifická síť, kde jsem si vybral síť

VMnet8 (NAT). Poté jsem v záložce `Edit` vybral možnost `Virtual Network Editor`. Tímto jsem otevřel konfiguraci virtuálních sítí. V tomto nastavení je možné dále upravovat vybranou virtuální síť, například povolení a nastavení DHCP serveru. V tomto nastavení jsou vidět pouze používané virtuální sítě.

V programu VirtualBox je postup vytvoření VLAN sítě trochu odlišný. Nejdříve je potřeba přejít přes záložku `Soubor` do položky `Předvolby`, kde se nachází nastavení sítě. V tomto nastavení je potřeba síť nejprve vytvořit, popřípadě VirtualBox má již přednastavenou virtuální síť pouze s hostem. Po vytvoření je možné tuto síť upravovat, například povolit a nastavit DHCP server. Po dokončení konfigurace sítě je teprve možné přejít do nastavení virtuálního stroje a tuto vytvořenou síť pomocí karty povolit.

6.4 Připojení USB zařízení k virtuálnímu počítači

V této podkapitole se budu snažit přiblížit rozdíly při připojování USB zařízení (flash disk, Wi-Fi USB adaptér) k virtuálním počítačům, které se spouští prostřednictvím různých virtualizačních nástrojů.

6.4.1 Připojení flash disku k virtuálnímu počítači

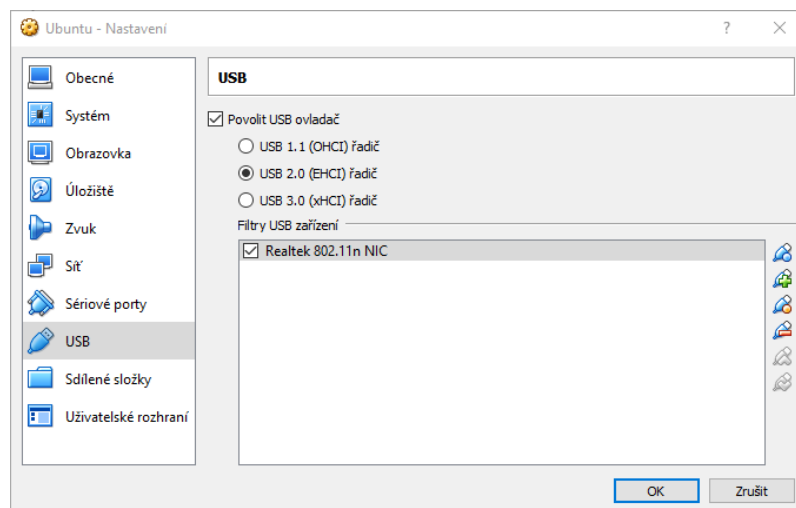
V programu VirtualBox je před připojením USB flash disku nutné ze stránek Oracle VirtualBox stáhnout tzv. VirtualBox Extension Pack. Tento rozšiřující balíček zajišťuje podporu pro připojení flash disků USB 2.0 a USB 3.0. Po stažení je nutné tento balíček nainstalovat tak, že přes záložku `Soubor` se přejde do nastavení programu `Předvolby` a následně do záložky `Rozšíření`, kam se stažený balíček vloží. Balíček je po vložení automaticky nainstalován. Je nutné, aby verze balíčku odpovídala verzi nástroje VirtualBox. Po spuštění virtuálního počítače stačí přejít do záložky `Zařízení` a následně v možnosti `USB` si vybrat požadovaný USB flash disk.

V případě programu VMware Workstation je připojení USB flash disku mnohokrát jednodušší, jelikož zde odpadá nutnost doinstalovat balíčky, které zajistí podporu flash disků s USB 2.0 nebo USB 3.0. V tomto případě stačí po spuštění virtuálního počítače přejít do záložky `VM`, kde se zvolí možnost `Removable Devices`, kde je vidět možnost se jménem připojeného flash disku. V této možnosti se zvolí `Disconnect (Connect to Host)`. Tím dojde k odpojení flash disku od hostitele a následnému připojení k virtuálnímu počítači.

6.4.2 Připojení Wi-Fi USB adaptéru k virtuálnímu počítači

Před samotným připojením USB adaptéru k virtualizovanému počítači je v programu VirtualBox nutné doinstalovat balíček VirtualBox Extension Pack, který zajišťuje podporu zařízení s USB 2.0 a USB 3.0. Po připojení USB adaptéru si hostitelský

system automaticky doinstaluje potřebné ovladače. Po dokončení těchto nastavení je pak možné spustit virtualizovaný počítač, popřípadě se dá v nastavení virtuálního stroje přidat filtr s USB adaptérem. Díky tomuto filtru by se pak zařízení mělo automaticky připojit k virtuálnímu stroji. Nastavení filtru USB zařízení je zobrazeno na obrázku č.12.



Obr. 12 Filtry USB zařízení ve VirtualBox

Naopak ve VMware Workstation odpadá povinnost instalovat různé balíčky pro podporu různých USB zařízení apod. Stačí tak pouze připojit USB adaptér, spustit virtuální počítač a následně v záložce VM, zvolit možnost `Removable Devices`, kde je vidět možnost se jménem Wi-Fi USB adaptéru. V této možnosti se zvolí `Disconnect (Connect to Host)`. Pro funkci automatického připojení USB zařízení ihned po startu je potřeba v nastavení virtuálního stroje v záložce `USB Controller` zatrhnout `Show all USB input devices`.

Před spuštěním jakéhokoliv virtualizačního nástroje musí být Wi-Fi adaptér aktivní, to znamená, že na hostitelském systému musí být aktivováno Wi-Fi připojení, jinak adaptér ve virtualizačních nástrojích nebude vidět.

7 VYUŽITÍ VIRTUALIZACE VE VÝUCE

Virtualizace je technologie, která je ve výuce síťových technologií využívána ve velkém množství. Používá se zejména v případech, jako jsou problémy s kompatibilitou, kdy se při výuce používá například nějaký starší software, který není možné na novějším operačním systému spustit. Dalším případem využití virtualizačních nástrojů může být v případě nějaké laboratorní úlohy, kde je potřeba k jejímu zprovoznění větší počet počítačů. Díky virtualizaci, tak není nutné mít pro jednu úlohu větší počet počítačů, všechny potřebné počítače s určitými operačními systémy mohou být nainstalovány na jednom počítači (hardware).

7.1 Virtualizace v jednotlivých předmětech a učebnách

V této kapitole bych se chtěl zmínit o dvou předmětech, ve kterých se virtualizace využívá. Prvním zmiňovaným předmětem je Komunikační prostředky mobilních sítí (MKPM). Tento předmět se vyučuje v 1. a 2. ročníku magisterského studia, kde studenti získají přehled o problematice mobilních sítí z hlediska přenosových, signalizačních nebo spojovacích systémů. Druhým předmětem, o kterém bych se chtěl zmínit je Architektura sítí (BARS). Výuka tohoto předmětu probíhá ve 2. ročníku bakalářského studia, kde studenti získají znalosti o vlastnostech různých typů sítí LAN, MAN a WAN, datových sítí nebo protokolových sad.

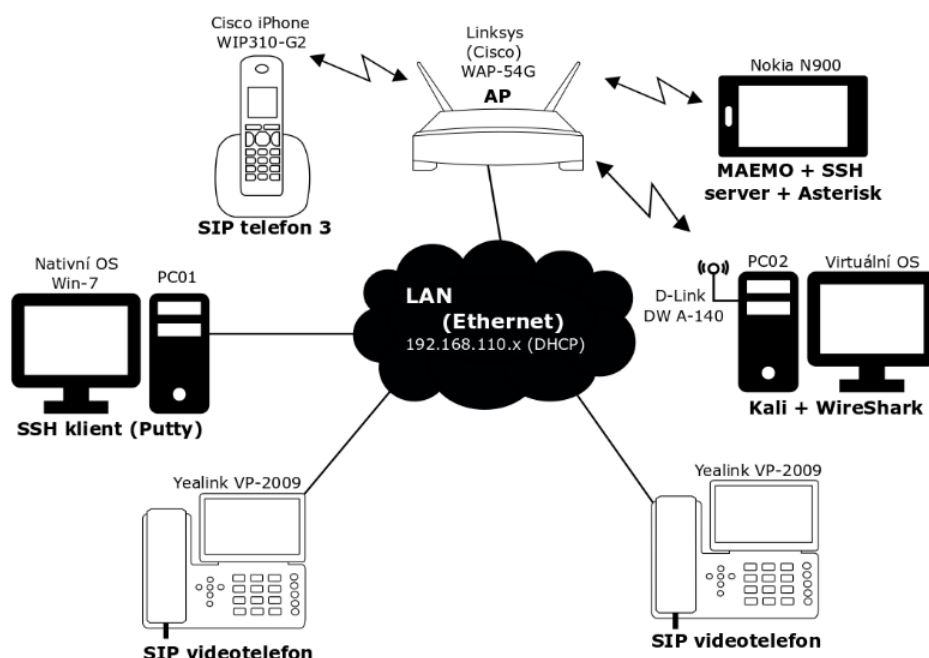
Výuka obou těchto předmětů probíhá na Ústavu telekomunikací v učebně SC 5.32. Tato laboratoř je rozdělena na dvě části. První část bych mohl nazvat serverovnou. V této části se nachází všechny síťové zařízení jako jsou směrovače, switche, servery s diskovými poli. Ve druhé části místnosti se nachází jednotlivá pracoviště s počítači. V místnosti je celkem asi dvacet počítačů, které jsou vybaveny operačními systémy Windows 7 a potřebnými nástroji pro jednotlivé laboratorní úlohy jako například virtualizační nástroj VirtualBox, Wireshark a další. Například v rámci předmětu BARS se měří deset laboratorních úloh, kde z těchto deseti úloh je v sedmi potřeba virtualizačních nástrojů, které jsou potřeba ke spuštění druhého operačního systému. Prostřednictvím virtualizačních nástrojů se spouští virtualizované operační systémy jako jsou Windows XP, Windows 2008 a různé distribuce systému Linux. V rámci laboratorních úloh, ať už předmětu BARS nebo MKPM je potřeba k počítačům hostitelským, ale i virtuálním připojit, popřípadě nakonfigurovat různá externí zařízení jako jsou různé USB adaptéry, routery, proto je nutné, aby tato externí zařízení komunikovala jak s hostitelským, tak i virtuálním počítačem.

7.2 Návrh řešení problémů v laboratorních úlohách

V rámci této kapitoly bych se rád zmínil o dvou laboratorních úlohách předmětu MKPM. V těchto dvou později zmíněných úlohách se používají USB zařízení, v první zmíněné úloze je to USB Wi-Fi adaptér a ve druhé USB modem. Obě tato zařízení se pak připojují k virtuálním počítačům, která se spouštějí prostřednictvím virtualizačního prostředí VirtualBox. U obou laboratorních úloh je problém právě v připojení zmíněných USB zařízení k virtuálním počítačům. V následujících podkapitolách se proto zmíním o jednotlivých řešení těchto problémů.

7.2.1 Úloha MKPM 3

V rámci předmětu MPKM se v laboratoři měří úloha č.3 Implementace technologie VoIP v mobilních terminálech. Cílem této úlohy je seznámení se s možností zprovoznění technologie VoIP na mobilních terminálech ve funkci ústředny komunikující v bezdrátovém (Wi-Fi), případně mobilním prostředí, i se samotnými principy VoIP. Pomocí softwarového řešení pobočkové ústředny Asterisk PBX proběhne konfigurace SIP účtů, nastavení kodeků a jiných parametrů komunikace. Analyzátozem Wireshark bude monitorován průběh VoIP služby a analyzován signalizační protokol SIP. V poslední části úlohy budou měřeny parametry přenosu, zpoždění, změna zpoždění a ztrátovost v mobilních a bezdrátových sítích. Schéma pracoviště je zobrazeno na obrázku č.13.



Obr. 13 Zapojení pracoviště laboratorní úlohy MKPM

V této laboratorní úloze je použit virtuální počítač s operačním systémem Kali, ve kterém je nainstalován analyzátor Wireshark. K tomuto virtuálnímu počítači se

připojuje USB Wi-Fi adaptér D-Link DWA-140. Problém nastává právě ve virtuálním operačním systému Kali, který je spouštěn pomocí virtualizačního nástroje VirtualBox. Při připojení USB Wi-Fi adaptéru k hostitelskému počítači není možné následně USB adaptér připojit k operačnímu systému. V této kapitole se tak pokusím popsat řešení tohoto problému.

Při řešení tohoto problému budu postupovat tak, že nejdříve aktualizuji VirtualBox na poslední verzi. Dále ze stránek Oracle VirtualBox stáhnou VirtualBox Extension Pack, tento balíček musí být pro danou verzi virtualizačního nástroje a následně jej nainstaluji. Tento balíček zaručuje podporu USB 2.0 a USB 3.0 zařízení. Jelikož je použit operační systém Windows 7 jako hostitelský systém doporučil bych ze stránek výrobce Wi-Fi adaptéru stáhnout ovladače pro hostitelský systém, u operačního systému Windows 7 se někdy může stát, že si ovladače k danému zařízení prostřednictvím Windows Update nedokáže stáhnout a zobrazí se chybové hlášení, často to bývá způsobeno, že nejsou nainstalované některé tzv. Důležité aktualizace. Po dokončení instalace připojím USB adaptér a v prostředí VirtualBox v nastavení virtuálního počítače v záložce USB tento adaptér nastavím jako Filtr USB zařízení, toto nastavení zajistí automatické připojení USB adaptéru po spuštění virtuálního operačního systému. Nastavení filtru USB zařízení je zobrazeno na obrázku č.12.

Dalším řešením by mohlo být virtualizace operačního systému Kali pomocí nástroje VMware Workstation a instalaci doplňků pro hosta VMware Tools. Velkou výhodou oproti nástroji VirtualBox je, že není potřeba doinstalovat další balíčky pro USB. Proto po dokončení instalace virtuálního operačního systému a doplňků pro hosta můžu USB adaptér přes záložku VM a možnost Removable Devices ihned připojit, popřípadě v nastavení virtuálního počítače v záložce USB Controller nastavit automatické připojení zařízení po startu systému.

Ovšem nevýhodou řešení pomocí VMware Workstation je, že tento nástroj je placený, oproti tomu nástroj VirtualBox je zcela bezplatný a na tyto účely (připojení USB zařízení) bohatě postačí. Proto bych použil první řešení přeinstalovat nástroj VirtualBox na nejnovější verzi a doinstalovat balíček pro podporu USB zařízení.

7.2.2 Úloha MKPM 4

V rámci této úlohy je hlavním cílem se seznámit s rádiovým rozhraním mobilních sítí a s analýzou komunikace v LTE síti. V této úloze je použit virtuální počítač se systémem Windows 7, ke kterému se připojuje USB modem Huawei E398. V této úloze je problém již se samotným připojením USB modemu k virtuálnímu počítači. Při řešení tohoto problému bych tak postupoval podobně jako v přecházející podkapitole 7.2.1, kde je daný postup popsán detailněji. Nejdříve si pro tento typ modemu stáhnou ovladače prostřednictvím Windows Update, ale doporučoval bych

raději z webových stránek poskytovatele, v tomto případě ze stránek T-Mobile. Ve virtualizačním prostředí (VirtualBox), kde je nainstalován virtuální počítač, je nutné mít nainstalován balíček pro podporu USB zařízení *VirtualBox Extension Pack*. V prostředí VirtualBox pak ještě mohu tento modem přidat do filtru USB zařízení pro daný virtuální počítač, USB modem se pak k virtuálnímu počítači bude připojovat automaticky.

8 VIRTUALIZAČNÍ TECHNOLOGIE

V této kapitole se zaměřím na jednotlivé virtualizační technologie jako jsou například VirtualBox, jednotlivé nástroje společnosti VMware, Microsoft HyperV nebo Docker Container. Tyto jednotlivé nástroje vyzkouším na dostupném hardware a pokusím se tak najít jejich výhody a nevýhody z hlediska samotné práce s těmito nástroji, což může být vytváření virtuálních počítačů, záloha a export virtuálních strojů, úprava a konfigurace jednotlivých nastavení, rychlost těchto nástrojů či samotných strojů a s tím tak spojené hardwarové nároky nebo připojení různých periférií, mezi které patří USB adaptéry, disky, sdílené složky a další. Tyto jednotlivé poznatky a zkušenosti použiji k celkovému zhodnocení a výběru vhodného nástroje pro výuku.

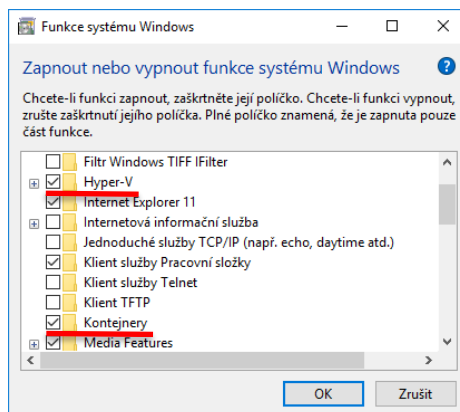
8.1 Kontejnerová virtualizace

V rámci kontejnerové virtualizace lze současně spustit několik vzájemně izolovaných strojů (kontejnerů). V rámci jednoho hardware (fyzický počítač) je možné spustit přibližně dvakrát více kontejnerů než klasických virtuálních operačních systémů. Mezi hlavní výhody kontejnerů patří možnost různého přesouvání a nasazení v různých místech nebo nižší hardwarové nároky.

Tento druh virtualizace jsem si vyzkoušel na volně dostupném software Docker. Základní verze tohoto virtualizačního nástroje (Community-Edition (CE)) je dostupná pro všechny tři základní platformy: Windows, Linux, Mac OS. Doporučené HW nároky: 2 jádra procesoru a 2 GB paměti RAM. Docker a samotnou kontejnerovou virtualizaci jsem vyzkoušel na operačních systémech Windows a Linux.

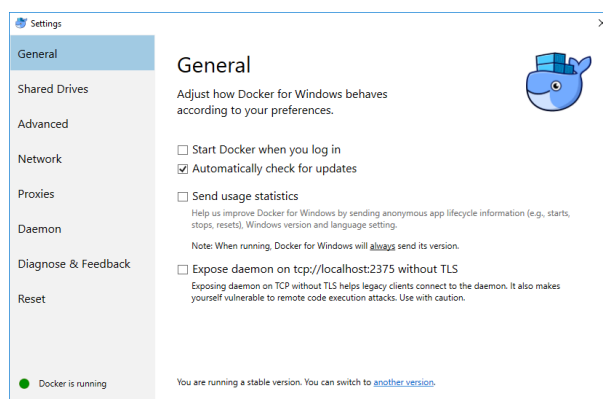
8.1.1 Instalace Docker Container pro Windows

K instalaci virtualizačního prostředí Docker jsem jako hostitelský systém použil operační systém Windows 10. Před samotnou instalací virtualizačního nástroje je nutné v hostitelském systému povolit služby a nástroje potřebné k vytváření kontejnerů a technologii Hyper-V. V rámci instalace prostředí Docker se prostřednictvím Hyper-V vytvoří virtuální počítač, do kterého jsou později instalovány jednotlivé kontejnery. Jednou z několika možností povolení těchto dvou technologií je, že pomocí vyhledávání v záložce Start se spustí systémová aplikace *Spustit (Run)* a do jejího textového pole se napíše „*optionalfeatures*“. Tím se spustí nastavení *Funkce systému Windows*. V tomto nastavení se zaškrtnou pole *Hyper-V* a pole *Kontejnery*. Po aplikování těchto změn dojde k provedení změn a restartování počítače. Funkce systému Windows jsou zobrazeny na obrázku č. 14.



Obr. 14 Funkce systému Windows – povolení kontejnerů a HyperV

Po povolení těchto funkcí je možné přejít k instalaci prostředí Docker. Instalace se provede automaticky po spuštění instalátoru, po dokončení instalace je nutné se z Windows odhlásit, po přihlášení dojde k automatickému spuštění Dockeru. Během provozu je možné provádět některé úpravy v rámci nastavení samotného prostředí jako například, zda se má Docker automaticky spustit po startu počítače, je zde možné nastavit sdílení zařízení v podobě pevných disků hostitelského počítače či změna přiděleného hardware (počet jader CPU, množství přidělené paměti RAM), popřípadě základní nastavení sítě a portů. Ukázka nastavení Dockeru je zobrazena na obrázku č.15.



Obr. 15 Ukázka nastavení spuštěného stroje v prostředí Docker

Další nastavení je možné provádět v aplikaci *Správce technologie Hyper-V*, kde je možné detailněji nastavit virtuální počítač s kontejnerem Docker. Je zde možné změnit některá nastavení paměti RAM a CPU nebo vytvářet nové síťové adaptéry (např. Síťový most atd.). V základním nastavení je kontejner připojen k internetu prostředním NAT.

Po dokončení všech nastavení je možné přejít k vytváření samotných kontejnerů. K Dockeru budeme přistupovat pomocí nástroje *Windows PowerShell*. Jako příklad zde uvedu dva příkazy, jako první může být příkaz `docker version`. Po zadání tohoto příkazu se vypíše informace o právě nainstalované verzi Dockeru. Druhý příkaz slouží k otestování funkčnosti, po zadání příkazu `docker run hello-world` by se měl zobrazit výstup `Hello from Docker!`.

8.1.2 Instalace Docker Container pro Linux

Obecně Linux má několik distribucí, proto Docker Container je dostupný hned pro několik verzí operačního systému, a to Ubuntu, Debian, Cent OS a Fedora. Instalace virtualizačního nástroje Docker se na těchto distribucích téměř neliší, proto zde popíši instalaci Dockeru na operační systém Ubuntu Server 17.10. Pokud je Docker instalován na nový hostitelský počítač musí být stažen a nastaven repositář Dockeru. Před zahájením této instalace je dobré aktualizovat databázi dostupných balíčků pomocí příkazu `sudo apt-get update`. Po dokončení aktualizace databází je potřeba nainstalovat následující balíčky, které příkazu `apt` umožňují použít repositář přes HTTPS protokol. Tyto balíčky se nainstalují pomocí příkazu

```
sudo apt-get install \
    apt-transport-https \
    ca-certificates \
    curl \
    software-properties-common
```

Po dokončení instalace všech potřebných balíčků se pomocí následujících příkazů přidá oficiální GPG key, což je nástroj, který dokáže šifrovat a dešifrovat data a dále tyto data podepisovat, podpisy je možné ověřovat i zpětně.

```
curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg |
sudo apt-key add -
```

Funkčnost nově přiděleného klíče se ověří příkazem

```
sudo apt-key fingerprint 0EBFCD88
```

Nyní je potřeba nastavit tzv. stabilní repositář pro danou verzi hostitelského systému v tomto případě Ubuntu 17.10 (zesty). Nastavení repositáře se provede příkazem

```
sudo add-apt-repository
"deb[arch=amd64]https://download.docker.com/linux/ubuntu
zesty stable"
```

Tímto je nastavení repositáře Dockeru dokončeno a je tak nyní možné přejít k samotné instalaci nástroje Docker. Před zahájením instalace Docker CE se znovu aktualizuje databáze dostupných balíčků příkazem `sudo apt-get update`.

Nyní pomocí příkazu `sudo apt-get install docker-ce` nainstalujeme poslední verzi Dockeru. Tímto je instalace Dockeru na operační systém Ubuntu 17.10 dokončena, funkčnost můžeme stejně jako v případě instalace na Windows příkazem `docker run hello-world`, kde se nám v případě funkčnosti vypíše výstup `Hello from Docker!` [26], [27].

8.1.3 Instalace Docker Toolbox pro Windows

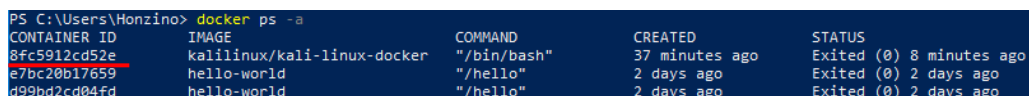
O nástroji Docker Toolbox by se dalo říci, že je to jakási alternativa ke klasickému Docker Container. Docker Toolbox je dostupný jak pro systémy Windows, tak pro operační systémy MAC OS. Docker Toolbox se tak dá popsat jako nástroj, který nainstaluje potřebné prvky pro provozování kontejnerové virtualizace. Oproti klasickému Docker Container, který pracuje prostřednictvím Microsoft Hyper-V toto řešení funguje za pomoci VirtualBox.

Instalace Docker Toolbox se provádí prostřednictvím průvodce instalace, kde se nastaví všechny potřebné náležitosti jako jsou místo instalace, typ instalace (minimum, full, custom) nebo zda mají být provedeny aktualizace při instalaci virtuálního počítače nebo instalaci staršího ovladače NDIS (specifikace rozhraní síťového ovladače), popřípadě zda má být nainstalován VirtualBox. Instalaci jsem provedl úplnou (full), VirtualBox jsem instaloval již před samotnou instalací Docker Toolbox, ovladač NDIS jsem ponechal původní. Po dokončení instalace je možné tento nástroj spustit například z plochy hostitelského počítače, kde je umístěn zástupce. Po spuštění nástroje je ihned automaticky spuštěn script, který instaluje všechny potřebné nástroje a aplikuje potřebná nastavení, a hlavně v prostředí VirtualBox vytváří virtuální počítač se systémem Boot2Docker. Tento systém je speciálně navržen pro běh kontejnerů. Jeho základ tvoří linuxová distribuce Tiny Core Linux. Tento systém je navržen, tak aby fungoval s minimální zátěží fyzického hardware, pro svůj běh systém vyžaduje přibližně 45 MB paměti RAM. Image Boot2Docker je možné stáhnout i samostatně, což je výhodou v případě, kdy bych tento systém chtěl spustit například prostřednictvím nástroje VMware Workstation (PRO/Player). Po dokončení instalace a všech nastavení se spustí virtuální počítač a aplikace MINGW64 nainstalovaná prostřednictvím Docker Toolbox. Další možností je spuštění virtuálního počítače přímo z prostředí VirtualBox a přímo tak ovládat tento počítač prostřednictvím VirtualBoxu. Nastavení virtuálního počítače jako například nastavení přiděleného hardware, nastavení uložště, sdílených adresářů nebo externích USB zařízení se standardně provádí v rámci VirtualBoxu.

8.1.4 Instalace Kali Linux Docker

Ve výše uvedených podkapitolách jsem popisoval instalaci nástroje pro vytváření kontejnerů Docker Container pro dvě nejvíce používané platformy, a to pro Linux a Microsoft Windows. V této části kapitoly bych se chtěl zmínit o vytváření kontejnerů prostřednictvím nástroje Docker. Jelikož samotná instalace a následné úpravy kontejneru nebo kontejnerů jsou na operačních systémech Linux a Windows stejné budu nadále popisovat vytváření kontejnerů pouze na jednom operačním systému. Pro tuto ukázkou použiji operační systém Windows 10.

Po startu Dockeru a nástroje *PowerShell* se stáhne a spustí instalace operačního systému Kali příkazem `docker pull kalilinux/kali-linux-docker`. Po dokončení instalace je možné nově nainstalovaný kontejner spustit zadáním příkazu `docker run -it kalilinux/kali-linux-docker /bin/bash`. Po spuštění kontejneru s operačním systémem Kali je nutné provést aktualizace pomocí příkazů `apt-get update && apt-get upgrade`, popřípadě doinstalovat další balíčky s ovladači či softwarem. Po dokončení instalací všech potřebných balíčků, aktualizací, ovladačů a všech potřebných úpravách je nutné tento kontejner ukončit příkazem `exit` a uložit v něm nově provedené změny. Pokud by tyto změny nebyly uloženy, kontejner by byl spuštěn v původním stavu bez provedených změn. Před uložením nově upraveného kontejneru je nutné zjistit jeho ID, to je možné zjistit pomocí příkazu `ps -a` (pro systém Windows `docker ps -a`), výpis tohoto příkazu je zobrazen na obrázku č.16.



CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	CREATED	STATUS
8fc5912cd52e	kalilinux/kali-linux-docker	"/bin/bash"	37 minutes ago	Exited (0) 8 minutes ago
e7bc20b17659	hello-world	"/hello"	2 days ago	Exited (0) 2 days ago
d99bd2cd04fd	hello-world	"/hello"	2 days ago	Exited (0) 2 days ago

Obr. 16 Výpis vytvořených kontejnerů prostřednictvím nástroje PowerShell

Zjištěné ID kontejneru se použije v příkazu pro uložení změn v operačním systému Kali `docker commit <ID kontejneru> <název kontejneru>`. Tímto je instalace operačního systému Kali hotova a nově vytvořený kontejner se všemi provedenými změnami se spustí zadáním příkazu

`docker run -it --net="host" --privileged <název kontejneru>`. Tento příkaz je oproti původnímu doplněn o dvě nové hodnoty, a to `--net="host"`, který zajistí, aby kontejner měl přístup ke všem síťovým rozhraním hostitele. Druhou nově přidanou hodnotou je `--privileged`, díky kterému má kontejner přístup k zařízením na hostiteli. Původní a všechny další kontejnery je možné odstranit příkazem `docker rm <id kontejneru>`. Odstranit se nedají pouze jen kontejnery, ale i celý image, příkaz pro odstranění kompletního image je `docker rmi <název image>`. Zatímco v případě kontejnerů lze odstranit jakýkoliv kontejner, tak image je možné odstranit pouze tehdy, že není používán žádným kontejnerem [28].

8.1.5 Zhodnocení kontejnerové virtualizace

V rámci kontejnerové virtualizace jsem si vyzkoušel instalaci a práci s nejznámějším nástrojem pro tento druh virtualizace Docker. Vyzkoušel jsem si instalaci a práci se dvěma distribucemi Dockeru na operačním systému Windows 10 a to s Docker Container, kde virtualizace probíhala přes Microsoft Hyper-V a s Docker Toolbox, kde virtualizaci virtuálního počítače pro vytváření kontejnerů zajišťoval nástroj

VirtualBox. V rámci Linuxu jsem instaloval a následně vyzkoušel distribuci Docker Ce na operačním systému Ubuntu Server 17.10. Abych všechna tato řešení mohl porovnat a zhodnotit vytvořil jsem na všech těchto různých distribucích Dockeru kontejner s operačním systémem Kali Linux. V rámci kontejneru s tímto systémem jsem si pak vyzkoušel instalaci potřebných nastavení a ovladačů nebo spolupráci s USB zařízeními, které byly připojeny k hostitelskému počítači. Dále jsem si vyzkoušel vytvoření kontejneru s provedenými změnami nastavení a další náležitosti jako je smazání nepotřebných kontejnerů nebo celých systémů.

Instalace nástroje Docker Container na operační systém Windows 10 není nijak obsáhlá, při instalaci se řídíme průvodcem instalací a následné vytvoření virtuálního počítače se provádí automaticky v rámci instalace. Nevýhodou tohoto řešení je, že v případě, kdy je povolené Hyper-V, není možné spouštět virtuální počítače ve VirtualBox nebo VMware, je tak nutné Hyper-V buďto povolit nebo zakázat. Výhodou tohoto řešení jsou možnosti nastavení v Dockeru, popřípadě samotného Hyper-V. Velkou nevýhodou tohoto řešení je podpora USB zařízení, kdy není možné k virtuálnímu počítači připojit USB zařízení z důvodu toho, že Hyper-V tuto technologii nepodporuje.

Instalace nástroje Docker Toolbox na operační systém Windows se stejně jako Docker Container instaluje přes průvodce instalací, kdy po dokončení nastavení se spustí skript, který nainstaluje všechny potřebné náležitosti a virtuální systém k vytváření kontejnerů. Výhodou tohoto řešení oproti standardnímu je virtualizace bez použití Hyper-V, virtuální systém se spouští prostřednictvím VT-x. S tím je spojena podpora USB zařízení, která jsou připojena k hostiteli prostřednictvím instalace balíčku Extension Pack, který tuto podporu zajišťuje. Ovládání kontejnerů je podobné jako u Docker Container pomocí aplikace MINGW64, která byla nainstalována v rámci instalace. Toto řešení má ovšem zásadní problém, který se týká verze Kernelu, kdy není možný přístup do některých systémových složek. To může způsobit problém například při instalaci nějakého ovladače, kdy instalace není provedena správně a daný ovladač nefunguje. To může být nevýhodou v případě, kdy ke kontejneru chceme připojit třeba nějaké USB zařízení, které pro svůj běh potřebuje doinstalovat nějaký software.

Instalace Dockeru na operační systém Ubuntu Server 17.10 je oproti předchozím řešením o něco rozsáhlejší, před zahájením instalace Dockeru je nutné nejdříve instalovat balíčky potřebné ke stažení a následné instalaci GPG key, teprve po získání tohoto klíče je možné přejít k instalaci. Samotná instalace Dockeru se pak provede použitím jednoho příkazu. Nevýhodou tohoto řešení je nastavení virtuálního počítače, kdy instalace a veškerá konfigurace probíhá prostřednictvím terminálu. Není tak možné jako v předchozích případech nastavovat velikost přiděleného hardware, síťová připojení a další. Nastavení například procesoru či

paměti RAM je možné pomocí jednotlivých příkazů. Výhodou je viditelnost USB zařízení v kontejneru.

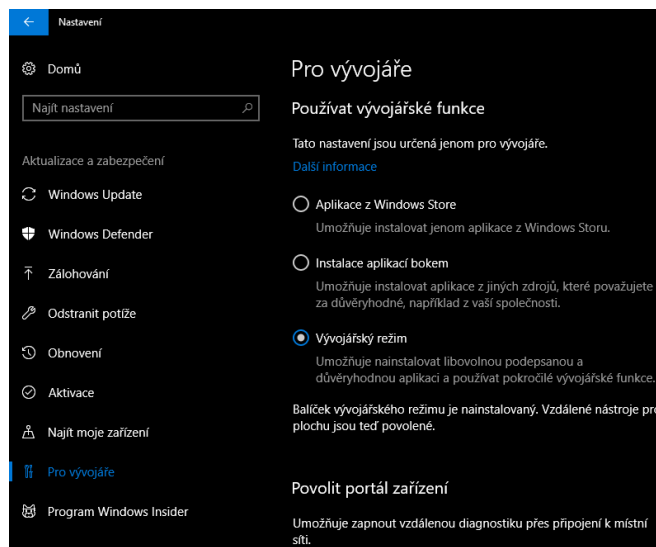
Pro využití tohoto druhu virtualizace na Ústavu telekomunikací v laboratoři SC 5.32 je nutné, aby toto řešení bylo spolehlivé, umělo pracovat s externími zařízeními (např. USB) a bylo snadno aplikovatelné na úlohy, které se v této laboratoři vyučují, popřípadě pro úlohy nové. Z těchto důvodů bych jako vhodné řešení pro kontejnerovou virtualizaci doporučil instalaci nativního operačního systému Ubuntu Server, na který bych instaloval Docker CE, popřípadě bych jako alternativu použil virtualizační nástroj VirtualBox, do kterého bych instaloval operační systém Ubuntu Server, na který bych následně instaloval Docker CE.

8.2 Microsoft WSL

Microsoft WSL (Windows Subsystem for Linux) je vrstva, která umožňuje spouštění souborů Linux. Jedná se tak spíše o emulátor. WSL poskytuje jádro, které umožňuje běh systémů Linux. Tato technologie byla vyvinuta samotnou společností Microsoft a vychází z projektu Astoria. Projekt Astoria se zaměřoval na mobilní operační systémy Windows 10 Mobile, jehož cílem bylo spuštění aplikací určených pro systémy Android. Tyto aplikace pracovaly v prostředí, které zajišťovalo, aby se aplikace chovala jako v systému Android (emulátor) a zároveň měla přístup k API platformám Microsoftu. Mezi koncem roku 2015 a začátkem 2016 byl projekt ukončen. Tento projekt byl později použit pro vývoj technologie WSL. Tato technologie se poprvé objevila v systému Windows 10 ve verzi Insider Preview build 14316. Ve standardních verzích systémů Windows 10 je WSL dostupné od verze 1607. Od aktualizace Fall Creators se instalace distribucí systémů Linux provádí prostřednictvím systémového obchodu Microsoft Store. V rámci Microsoft Store jsou dostupné systémy openSUSE Leap 42, SUSE Linux Enterprise Server 12, Debian, Ubuntu a Kali Linux [29], [30].

8.2.1 Povolení WSL na Windows 10

Povolení WSL se provede prostřednictvím nastavení *Funkce systému Windows*, kde se zatrhne položka *Windows Subsystem for Linux*. Funkce systému Windows jsou zobrazeny na obrázku č.14. Před instalací je potřeba systém Windows přepnout do vývojářského režimu. Přepnutí se provede v nastavení systému Windows 10, kde se zvolí nastavení *Aktualizace a zabezpečení*. V tomto nastavení se zvolí záložka *Pro vývojáře* a zde se následně povolí *Vývojářský režim*. Nastavení vývojářského režimu je zobrazeno na obrázku č.17.

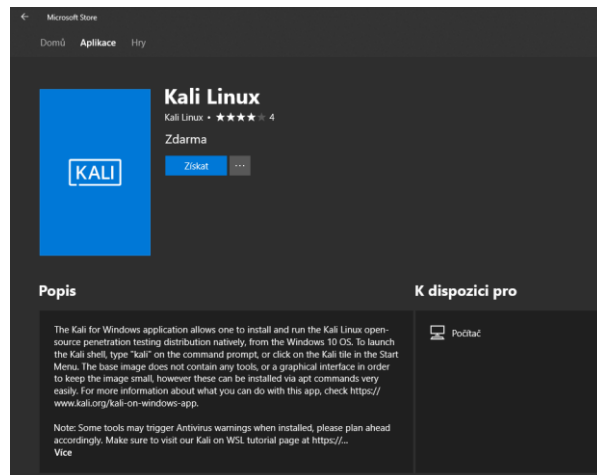


Obr. 17 Nastavení vývojářského režimu

8.2.2 Instalace operačního systému Kali pro WSL

Po povolení WSL a vývojářského režimu je možné přejít k instalaci operačního systému, který pod touto technologií poběží. Jak už jsem se zmiňoval v úvodu, instalace se aktuálně provádí prostřednictvím Microsoft Store. Je i nadále možné systémy instalovat také prostřednictvím příkazového řádku. Návod k tomuto druhu instalace jsou umístěny na oficiálních stránkách jednotlivých linuxových distribucí. V rámci této ukázky budu používat novější a jednodušší způsob, a to instalace prostřednictvím Microsoft Store. V této ukázce budu instalovat operační systém Kali Linux, který je momentálně nejnovějším systémem podporující technologii WSL. Pokusím se zde i ukázat možné přístupy k těmto linuxovým distribucím.

Nejdříve je nutné přejít do obchodu Microsoft Store a najít potřebný systém, například pomocí vyhledávače, kde stačí zadat název operačního systému (v tomto případě kali). Pokud bych se ještě zmínil o systému, tak instalaci je nutné mít alespoň operační systém Windows 10 verze 16215.0 nebo novější. Velikost tohoto systému je přibližně 133,9 MB, pro srovnání klasická desktopová verze tohoto systému má velikost zhruba asi 3 GB, ale v tomto případě se jedná o plnohodnotný systém, v případě verze určené pro WSL se jedná pouze o „holou“ verzi, která kromě toho, že je odkázána pouze na příkazový řádek, neobsahuje některé systémové balíčky a ovladače a je tak nutné vše potřebné doinstalovat. Instalace se provede pomocí tlačítka *Získat*, není nutné být v tomto obchodě registrován, v případě výzvy v podobě tabulky, která se ptá, zda se chceme přihlásit, stačí stisknout tlačítko *Ne, děkuji*. Po stažení a instalaci je možné spouštěcí soubor tohoto systému například připnout do nabídky Start. Stránka s operačním systémem je zobrazena na obrázku č.18.



Obr. 18 Obchod Microsoft Store se systémem Kali WSL

Po spuštění spouštěcího souboru se provedou ještě některé potřebné instalace, po jejich dokončení systém vyzývá k vytvoření loginu a hesla, kterým se budeme k systému přihlašovat, tím je instalace dokončena a je možné tento operační systém plně využívat.

Někomu může vyhovovat spíše klasický desktopový systém než ovládání skrze příkazový řádek. Proto se v této ukázce zmíním i o možnosti, jak spustit systém včetně grafického rozhraní. Abych systém mohl tímto způsobem používat je potřeba nainstalovat prostředí xfce, což je zjednodušené desktopové prostředí určené pro Unixové systémy. Před instalací tohoto prostředí, je nutné ještě doinstalovat balíček *wget*, který umožňuje v rámci systémů Linux stahovat soubory ze stránek *url*, instalace se provede příkazem `sudo apt-get install wget`. Nyní je možné nainstalovat prostředí pomocí příkazu

```
wget https://kali.sh/xfce4.sh. Po stažení, je nutné tento skript prostřednictvím příkazu spustit, aby mohla být provedena instalace
sudo sh xfce4.sh. Během instalace proběhne i nastavení rozložení klávesnice.
Tím je instalace prostředí xfce dokončena a je možné spustit server xrdp příkazem
sudo /etc/init.d/xrdp start. Ke spuštění plochy operačního systému Kali můžeme využít toho, že máme hostitelský systém přepnutý do vývojářského režimu, v rámci přepnutí se povolily i vzdálené služby systému Windows, proto se k ploše systému Kali připojíme prostřednictvím systémové aplikace Připojení ke vzdálené ploše. Připojíme se pomocí ip adresy a portu 127.0.0.1:3390. Po zadání adresy a portu a následném spuštění se zobrazí přihlašovací okno k xrdp serveru, ke kterému se přihlásíme prostřednictvím uživatelského jména a hesla (přihlašovací údaje, které jsme vytvořili při instalaci systému Kali). Po přihlášení je systém možné ovládat prostřednictvím zjednodušeného grafického rozhraní. Xrdp server je nutné spouštět pokaždé v případě, kdy byl hostitelský systém restartován či vypnut [31].
```

8.2.3 Zhodnocení Microsoft WSL

V rámci této práce jsem si vyzkoušel celkem novou technologii Microsoftu, a to Microsoft WSL. Myslím si, že se jedná o celkem zajímavou technologii, která by při výuce na Ústavu telekomunikací mohla najít uplatnění. Výhodou tohoto řešení je zejména jednoduchost, kdy v rámci instalace stačí tuto technologii v počítači povolit a prostřednictvím obchodu s aplikacemi si nainstalovat požadovaný operační systém. Nainstalovaný systém spustím prostřednictvím „jednoho kliknutí“, kdy mám spouštěcí soubor umístěn jako zástupce na ploše, či v nabídce start hostitelského systému. V rámci některých systémů lze pak doinstalovat i grafické rozhraní. Další výhodou této technologie je nenáročnost, kdy zatížení fyzického hardware je oproti virtualizaci klasického desktopového systému minimální, což se týká i velikosti systémů.

Toto řešení má ovšem i své nevýhody. Jedná se poměrně o novou technologii, a proto je její použití omezeno na novější verze systému Windows 10. Co se týče nabídky samotných operačních systémů, tak i ta není nijak rozšířená (aktuálně 4 operační systémy). WSL momentálně nepodporuje přístup k sériovým a USB portům, není tak možné připojovat externí zařízení (adaptéry a další). Jak už jsem se zmiňoval výše, tak výhodou je i úspora místa oproti klasické virtualizaci, což je zároveň taky nevýhodou, protože operační systémy pro WSL jsou dost ořezané a je nutné většinu věcí doinstalovat.

I když má toto řešení momentálně nějaké nevýhody, tak má i hromadu výhod, a proto si myslím, že by tato technologie mohla být do budoucna používána při výuce na Ústavu telekomunikací. Některé z aktuálních problémů budou určitě časem řešeny v rámci dalších aktualizací.

8.3 Formáty virtuálních strojů

V této kapitole bych se chtěl zmínit o různých typech (formátech) souborů jednotlivých virtuálních počítačů jako jsou například ova, VHD, VHDX, VDI, VDMK, které byly vytvořeny v různých virtualizačních nástrojích. Ukáži, zda je možné, popřípadě jak spustit virtuální počítač v jiném virtualizačním nástroji. Dále bych se chtěl zmínit o několika nástrojích, díky kterým lze virtuální počítač převést do potřebného formátu pro daný virtualizační nástroj.

8.3.1 Virtuální počítač ve VirtualBox a VMware Player

V této ukázce popíši spuštění virtuálního počítače ve virtualizačních nástrojích VirtualBox a VMware Player. Jako operační systém, který budu virtualizovat, jsem zvolil Ubuntu Server 17.10. Nejdříve tento virtuální počítač vytvořím ve virtualizačním nástroji VMware Player a následně se ho pokusím spustit v nástroji

VirtualBox. Následně vytvořím virtuální počítač v nástroji VirtualBox a pokusím se jej spustit v nástroji VMware Player.

V předchozích kapitolách jsem se zmiňoval pouze o virtualizačním nástroji VMware Workstation Pro, proto zde nyní detailněji popíši i vytvoření virtuálního počítače ve virtualizačním nástroji VMware Workstation Player. Vytvoření nového virtuálního počítače se provede pomocí ikony *Create a New Virtual Machine*. Instalace virtuálního počítače se provádí prostřednictvím průvodce, kde se v první řadě vybere typ instalace. Instalaci je možné provádět z instalačního CD/DVD, vložením obrazu disku (soubor ISO) nebo pokračovat dále a disk vložit až po vytvoření virtuálního disku. Při instalaci jsem vložil ISO soubor s operačním systémem Ubuntu Server 17.10. VMware Player je vybaven technologií *Easy Install*, která je dostupná i pro právě instalovaný systém. Tato technologie dokáže zjednodušit instalaci tak, že v následujícím kroku se nás průvodce dotáže na informace o vytvářeném systému, vyplníme název počítače a zadáme uživatelské jméno a heslo. Posledním krokem v průvodci je nastavení umístění virtuálního disku a jeho jméno. Nyní je možné spustit virtuální počítač, po spuštění se provádí instalace systému Ubuntu Server, která je díky technologii *Easy Install* částečně automatizována a uživatel tak nemusí provádět instalaci krok po kroku a celková instalace je dokončena rychleji. Tím je virtuální počítač nainstalován a dále budu popisovat, jak tento počítač spustit také v nástroji VirtualBox. Aby bylo možné vytvořený počítač spustit ve VirtualBoxu je potřeba spustit průvodce *Vytvoření virtuálního počítače*. V momentě přejítí ke kroku *Pevný disk* se místo pole *Vytvořit nyní virtuální pevný disk* zaškrtně pole *Použít existující soubor s virtuálním pevným diskem* a nastaví se cesta k tomuto disku. Nyní je možné virtuální počítač spouštět z obou dvou virtualizačních nástrojů.

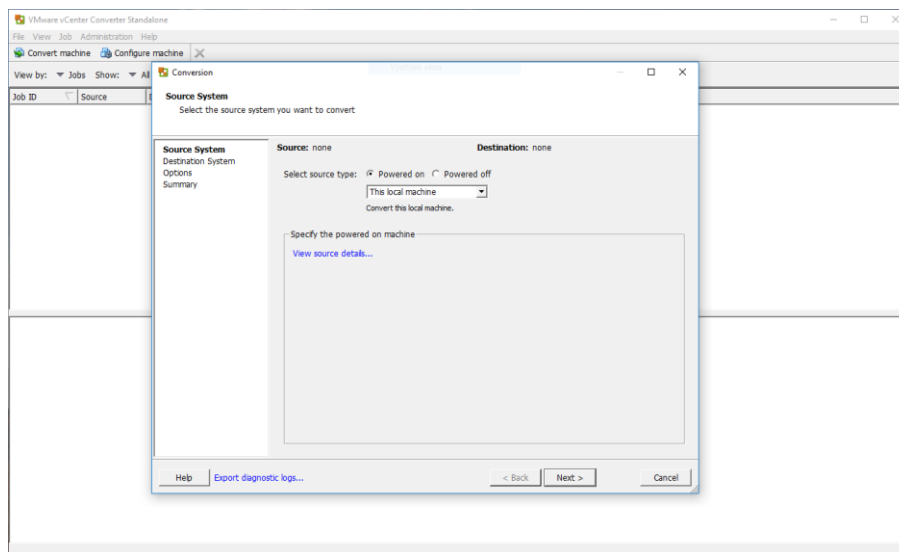
Pokud vytvořím virtuální počítač v prostředí VirtualBox a následně jej chci spustit ve VMware Player, je nutné počítač ve VirtualBoxu zálohovat pomocí funkce *Exportovat virtuální appliance* a vytvořit tak soubor typu *.ova, který nástroje společnosti VMware podporují. Zálohovaný systém je nyní možné otevřít ve VMware Player, otevření se provede prostřednictvím ikony *Open a Virtual Machine*. Po vložení disku se zobrazí okno *Import Virtual Machine*, ve kterém se nastaví jméno a umístění nově vytvořeného disku, po dokončení nastavení je možné virtuální systém importovat. Při importu se může objevit chyba, která hlásí, že soubor *.ova nesplňuje požadavky, v tomto případě je nutné stisknout tlačítko *Retry* a import se následně provede i s těmito nesplněnými specifikacemi. Po dokončení importu bych doporučil i v případě prvního případu importu přejít do nastavení importovaných virtuálních systémů v jednotlivých virtualizačních prostředích a projít, popřípadě upravit nastavení, tak aby odpovídala jednotlivým virtualizačním prostředím.

Při porovnání těchto dvou metod je možné říct, že v případě prvního postupu byl import mnohem jednodušší než v druhém případě. Výhodou prvního postupu je taky to, že virtuální disk typu *vdmk* je podporován nástrojem VirtualBox, díky tomu si mohu vybrat virtualizační nástroj, kterým budu do virtuálního operačního systému přistupovat. Ve druhém případě je nutné virtuální počítač zálohovat, a tím tak vytvořit zálohu typu *ova*, kterou mohu později nainportovat do prostředí VMware. Je to způsobeno tím, že nástroje VMware nepodporují virtuální disky typu *VDI*. Tímto vzniknou dva virtuální počítače s totožným operačním systémem, tím dochází ke zbytečnému zaplnění pevného disku hostitelského počítače.

8.3.2 Nástroje pro konvertování virtuálních disků

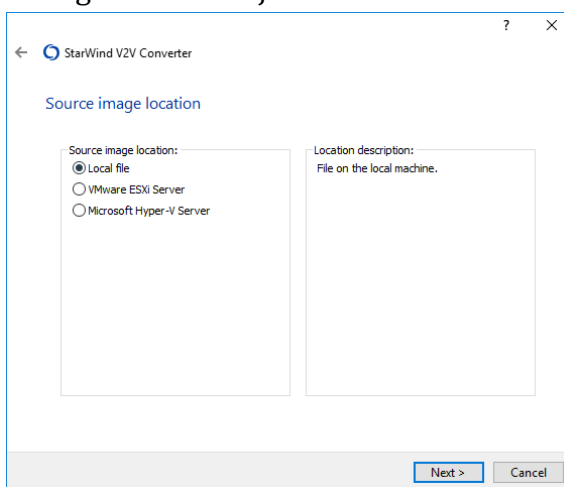
V této části kapitoly bych se chtěl zmínit o nástrojích, které je možné využít při konvertování virtuálních disků. Proto bych se chtěl zmínit o dvou nástrojích, které se tímto převáděním virtuálních disků zabývají, a to nástroji VMware Converter a V2V Image Converter od společnosti StarWind. Oba tyto nástroje jsou volně dostupné, pro jejich získání je však nutná registrace na stránkách výrobců.

Prvním nástrojem, o kterém se zmíním je VMware Converter. Tento software umožňuje převést virtuální disky tak, aby je bylo možné používat prostřednictvím nástrojů VMware. Tento software umožňuje převést obrazy virtuálních disků, popřípadě samotné „servery“ do podoby virtuálních disků, které je dále možné spouštět ve virtualizačních nástrojích. Tento software je vhodný zejména k vytváření virtuálních disků serverů, velkou výhodou tohoto nástroje je vytvoření virtuálního disku hostujícího systému. Mohu si tak ve virtuálním nástroji spustit virtuální počítač s lokálním systémem. Na obrázku č.19 je zobrazeno prostředí VMware Converter, ve kterém je spuštěna záložka *Convert Machine*. V tomto nastavení se konfiguruje nastavení budoucího virtuálního disku, v první řadě se zde vybírá, z jakého zdroje tento disk bude vytvořen. První možností je volba *Power on*. V rámci této volby se disk bude vytvářet buďto ze spuštěného vzdáleného stroje Windows či Linux, popřípadě z lokálního systému. Druhou možností je volba *Power off*, v rámci této volby je možné virtuální disk převést pro konkrétní virtualizační nástroj společnosti VMware (Workstation, Player, ESXi), popřípadě vytvořit disk z Hyper-V serveru. V rámci tohoto software, jsem si vytvořil virtuální disk z hostitelského systému Windows 10, tento systém jsem pak spustil prostřednictvím virtualizačního nástroje VMware Player. Abych mohl konvertovat nějaký systém, či případně nějaký disk, je nutné, zejména při vytváření virtuálního disku hostitelského systému nástroj VMware Converter spustit jako správce, pokud bych tak neučinil, nástroj by zobrazil chybu, protože mu byl zamítnut přístup.



Obr. 19 Prostředí nástroje VMware Converter

Druhý nástroj, který je možné použít k převodu disku virtuálního počítače je V2V Image Converter od společnosti StarWind, která se zaměřuje na virtualizaci uložení. V2V Converter nabízí tři možnosti převodu. První možností je převod disku už existujícího, tato možnost je v nástroji zastoupena záložkou *Local file*, kde je v první řadě uživatel vyzván k vložení souboru. V2V Converter podporuje soubory typu *vdmk* (VMware), *vhd* a *vhdx* (Microsoft Hyper-V), *img* a *qcow2*. Posledním krokem je pak zvolení formátu, do kterého se virtuální disk převede. Mohu tak například převést disk vytvořený ve virtualizačním nástroji VMware na disk, který mohu spustit v Microsoft Hyper-V a naopak. V2V Converter se ještě dotáže na některá doplňující nastavení, například typ disku a další. Nyní je možné disk převést. Další možností je pak převod virtuálního disku z Hyper-V serveru prostřednictvím záložky *Microsoft Hyper-V Server*, zde se zadá jméno hosta, jeho uživatelské jméno a heslo. Třetí možností je převod virtuálního disku z VMware ESXi serveru přes záložku *VMware ESXi Server*, kde se zadá IP adresa, uživatelské jméno a heslo hosta. Prostředí nástroje V2V Image Converter je zobrazeno na obrázku č.20.



Obr. 20 Prostředí nástroje V2V Image Converter

8.3.3 Využití nástrojů pro konvertování virtuálních disků

V této části práce jsem si vyzkoušel práci se dvěma nástroji, které se používají ke konvertování virtuálních disků do jiných formátů, které dané virtualizační nástroje podporují. Prvním zmíněným nástrojem, který jsem si vyzkoušel byl VMware Converter. Tento nástroj je vhodný pro převod virtuálních disků, výsledkem je spuštění virtuálních počítačů v některém softwaru společnosti VMware. VMware Converter umožňuje převod jak lokálních disků, které jsou umístěné na disku hostitelského počítače, tak převod disků, které jsou umístěny ve vzdáleném serveru. Velkou výhodou tohoto softwaru je možnost virtualizovat hostitelský systém a spustit jej například ve VMware Player, či Workstation Pro. Druhý nástroj, který sem si v rámci této práce vyzkoušel je V2V Image Converter. Tento program pracuje na podobném principu jako dříve zmíněný VMware Converter. Umožňuje vytvářet virtuální disky jak z lokálních souborů (disků), tak ze vzdálených serverů Microsoft Hyper-V či VMware ESXi Server, oproti VMware Converter nabízí více možností převodu, mohou disky převádět do formátů VMware (*vdmk*), ale i Hyper-V (*vhd*, *vhdx*). Nevýhodou V2V Image Converter může být absence možnosti virtualizace hostitelského systému.

Alternativou k těmto programům může být nástroj společnosti Microsoft, a to Microsoft Virtual Machine Converter. Software společnosti Microsoft umožňuje převést virtuální stroj používaný ve VMware na virtuální stroj Hyper-V. Nevýhodou tohoto převodu je nemožnost převést lokální virtuální disk, je zde využívána technologie vzdáleného přístupu. Druhou možností je vytvořit virtuální disk jak hostitelského systému, tak vzdáleného fyzického stroje, který je připojen v síti. Nevýhodou tohoto nástroje je kromě nemožnosti konvertovat lokální virtuální disky je taky stabilita, kdy při konfiguraci převodu program „zamrzne“, to může být způsobeno tím, že jsem tento nástroj spouštěl na operačním systému Windows 10 a je možné, že nástroj není pro tento systém optimalizován.

Z hlediska využití na Ústavu telekomunikací bych pro převod virtuálních strojů pro různá virtualizační prostředí doporučil oba zmíněné nástroje VMware Converter i V2V Image Converter, kde VMware Converter nabízí možnost převodu pro různé verze virtualizačních nástrojů této společnosti a umožňuje například virtualizovat hostitelský systém. V2V Image Converter zase tuto možnost převodu rozšiřuje i pro technologii Hyper-V.

8.4 Microsoft Hyper-V

Microsoft Hyper-V je technologie vyvinutá společností Microsoft, která ke svému chodu využívá hypervisor, díky kterému je možné virtuální počítače spustit. Poprvé se Hyper-V objevilo v systému Windows Server 2008 Standard/Datacenter, jednalo

se však pouze jen o beta verzi. Plná verze přišla později v rámci systémové aktualizace Windows Update. V rámci vydání nových operačních systémů Windows Server 2012 a Windows 8 je Hyper-V dostupné i pro klasické desktopové systémy Windows 8 Profesional/Enterprise a novější. Co se týče hardwarových nároků, tak k provozu je nutné alespoň 64bitový procesor s podporou virtualizace Intel VT-x nebo AMD-V a 4 GB paměti RAM [32].

8.4.1 Rychlé vytvoření virtuálního počítače

Nová verze Hyper-V umožňuje tzv. rychlé vytvoření virtuálního počítače. Toto vytvoření se provede prostřednictvím záložky *Akce*, kde se zvolí položka *Rychle vytvořit...* Rychlé vytvoření virtuálního počítače je zobrazeno na obrázku č.21.



Obr. 21 Rychlé vytvoření virtuálního počítače prostřednictvím Hyper-V

Pomocí této „rychlé“ volby je možné vytvořit virtuální počítač se systémem Windows 10 Enterprise. Uživatel si zde může nastavit umístění virtuálního disku počítače přes záložku *Místní zdroj instalace*, dále můžeme pomocí nabídky *Další možnosti* nastavit název virtuálního počítače a síťové připojení, tak že z nabídky je možné zvolit jeden z aktuálně vytvořených virtuálních přepínačů.

8.4.2 Vytvoření virtuálního počítače/disku/jednotky

Vytvoření virtuálního počítače, disku či jednotky se provádí přes záložku *Akce* a položku *Nová*, kde si uživatel vybere jednou ze tří možností, a to *Virtuální počítač...*, *Pevný disk...*, *Disková jednotka...*, v této kapitole se nejdříve zmíním o vytvoření virtuálního počítače.

V rámci volby *Virtuální počítač...* se spustí *Průvodce novým virtuálním počítačem*, prvním krokem v rámci tohoto průvodce je zadat jméno nového virtuálního počítače, popřípadě je zde možnost změnit umístění tohoto počítače. Druhým

krokem je výběr tzv. generace operačního systému, a to *Generace 1* a *Generace 2*. Hyper-V od operačních systémů Windows 8 a Windows 2012 umožňuje výběr z těchto dvou generací. Generace 1 je ta klasická volba, ve které je možné instalovat 32/64 bitový operační systém. Pokud ale budu vytvářet virtuální počítač s operačním systémem Windows 8 nebo 2012 x64 a novějšími je možnost zvolit možnost *Generace 2*, tato generace podporuje novější funkce virtualizace jako je například použití firmware, který je založen na rozhraní UEFI, dále umožňuje po spuštění virtuálního počítače nastavit jeho rozlišení, umožňuje přístup ke zvukovým zařízením, tiskárnám, diskům či portům hostitelského systému. Dalším krokem průvodce je přiřazení paměti, popřípadě povolit možnost dynamické paměti (nastavená paměť je přidělována podle potřeby), tato možnost má výhodu zejména při větším počtu spuštěných virtuálních počítačů. Dále je potřeba nastavit připojení virtuálního stroje, tento krok je možné provést později v nastavení. Předposledním krokem je nastavení, popřípadě vytvoření virtuálního disku. Hyper-V nabízí tři možnosti nastavení, a to *Vytvořit virtuální pevný disk*, *Použít existující virtuální pevný disk* nebo *Připojit virtuální disk později*. Posledním krokem v případě zvolení možnosti vytvoření či použití existujícího virtuálního disku zvolit typ instalace virtuálního operačního systému. Hyper-V zde taky umožňuje zvolit jednu ze tří možností, a to *Nainstalovat operační systém později*, kdy instalační médium vložím později v nastavení virtuálního počítače. Druhou možností je *Nainstalovat operační systém ze spouštěcího disku CD/DVD-ROM*, kde se buď vloží do mechaniky disk s operačním systémem, popřípadě je možné vložit ISO soubor s operačním systémem. Třetí možností je *Nainstalovat operační systém z instalačního serveru v síti*, v případě této volby musí být nakonfigurováno síťové připojení. Tímto je vytvoření virtuálního počítače dokončeno a je možné přejít k jeho spuštění a instalaci operačního systému prostřednictvím průvodce instalace daného operačního systému.

V případě vytvoření virtuálního disku konfigurace taktéž probíhá prostřednictvím průvodce, a to *Průvodce vytvořením virtuálního pevného disku*. Prvním krokem je zvolení typu virtuálního disku, je možné vybrat mezi formátem VHD, který umožňuje vytvořit disk o velikosti až 2040 GB. Druhým je formát VHDX, který je dostupný od verze operačního systému Windows 8, oproti VHD umožňuje vytvořit disk o kapacitě až 64 TB a je odolný vůči některým problémům, například při výpadku napájení. Třetím formátem je *Sada virtuálních pevných disků*, jedná se o virtuální sdílené disky, do kterých je možné vytvářet zálohy virtuálních operačních systémů. Dalším krokem je výběr typu vytvářeného disku, je možné vybrat z třech typů, a to disk s pevnou velikostí, dynamicky se zvětšující, kdy disk se postupně zvětšuje podle objemu dat a třetím typem je disk rozdílový, tento disk je přidružen k již existujícímu disku, kdy vytvořený disk chceme nechat v původním stavu,

můžeme tak provádět změny, aniž bychom ohrozili disk původní. Předposledním krokem je zdání názvu virtuálního disku, popřípadě je možné změnit jeho umístění. Posledním krokem je tzv. konfigurace disku, kdy máme na výběr, zda chceme vytvořit prázdný disk o určité velikosti, nebo zkopírovat disk nebo disky hostitelského systému, popřípadě je možné přidat cestu k virtuálnímu disku, jehož obsah chceme kopírovat do virtuálního disku. Tímto je konfigurace disku dokončena, a tak je nyní možné tento virtuální pevný disk připojit k virtuálnímu počítači. Připojení se provede v nastavení virtuálního počítače v záložce Řadič IDE 0, kde zvolíme možnost *Přidat disk*, tímto se vytvořila podzáložka *Pevný disk*, zde se prostřednictvím možnosti *Virtuální pevný disk* zadá cesta k vytvořenému virtuálnímu disku.

Prostřednictvím volby *Disketová jednotka...* se otevře systémový průzkumník, kde se zadá název souboru. Vytvořenou disketovou jednotku připojíme k virtuálnímu počítači přes jeho nastavení, kde v záložce *Disketová jednotka* se zvolí *Soubor virtuální diskety (VFD)*; následně se otevře systémový průzkumník a v něm se vybere vytvořená disková jednotka.

8.4.3 Import a export virtuálních strojů

K ukázce importu a exportu použijí virtuální počítač s operačním systémem Ubuntu 17.10. Nejdříve popíší postup exportu a následně tento stroj importují.

Export virtuálního stroje se provede prostřednictvím záložky *Akce* a položky *Export...*, kde se zobrazí okno *Exportovat virtuální počítač*, zde se vybere umístění, kam se má virtuální počítač exportovat.

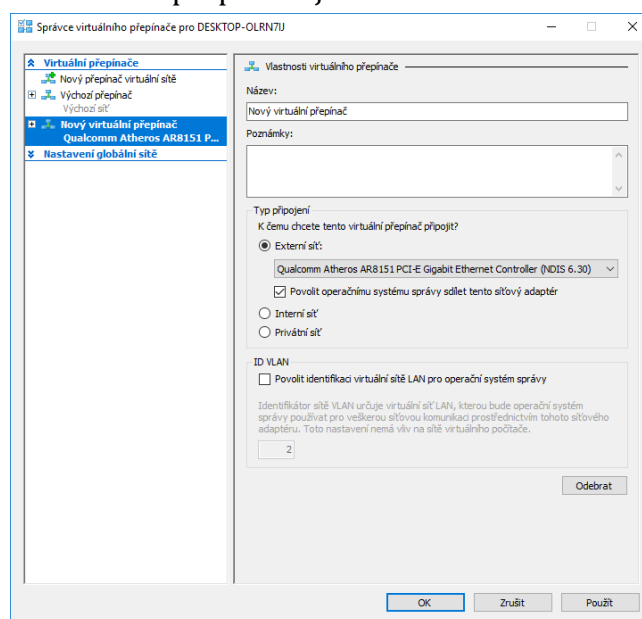
Import virtuálního počítače se provede přes záložku *Akce* a položku *Importovat virtuální počítač...*, import se provádí pomocí průvodce *Importovat virtuální počítač*. Prvním krokem je přidat cestu ke složce, kde je virtuální počítač umístěn. Druhým krokem průvodce je výběr virtuálního počítače, který je v dané složce umístěn. Posledním krokem je výběr typu importu, je možné vybírat z třech možností, a to *Zaregistrovat virtuální počítač na místě*, *Obnovit virtuální počítač* nebo *Zkopírovat virtuální počítač*. V rámci této ukázky jsem zvolil *Obnovit virtuální počítač*. Před spuštěním importu se průvodce dotáže, zda bude virtuální počítač uložen do nastaveného uložení, popřípadě je toto uložení možné přenastavit na umístění virtuálních disků. Tím je nastavení importu dokončeno, virtuální počítač bude následně importován.

8.4.4 Vytvoření virtuálního přepínače

Aby bylo možné připojit virtuální stroj k internetu, prostředí Hyper-V nabízí k použití vytvořený přepínač (Výchozí přepínač), který zajišťuje, aby virtuální stroj nebo stroje měly zajištěn přístup k internetu. Hyper-V umožňuje vytvořit další

přepínače, které například mohou vytvářet vnitřní síť mezi virtuálními stroji, popřípadě, aby virtuální stroje mohly komunikovat s vnější sítí, ke které je připojen hostitelský stroj.

Nový virtuální přepínač se vytvoří prostřednictvím záložky *Akce* a položky *Správce virtuálního přepínače...*, kde se zobrazí okno, ve kterém je možné vytvářet, popřípadě konfigurovat již vytvořené virtuální přepínače. Při otevření tohoto okna se nejdříve zobrazí záložka *Vytvořit virtuální přepínač*, je zde možné vytvořit tři typy přepínačů, a to *Externí* přepínač, který zajišťuje připojení k virtuálním strojům, fyzické síti a tím pádem i k samotnému internetu. Druhým typem je *Interní* přepínač, ten vytvoří síť, kterou mohou používat virtuální stroje a hostitelský stroj. Třetím typem je *Privátní* přepínač, který mohou používat pouze virtuální počítače, tento přepínač neslouží pro zajištění internetového připojení. Po zvolení a vytvoření virtuálního přepínače se otevře záložka s tímto nově vytvořeným počítačem. V této záložce se pak může upravit název přepínače, je zde i možnost změnit zvolený typ přepínače. Správce virtuálního přepínače je zobrazen na obrázku č.22.



Obr. 22 Správce virtuálního přepínače Hyper-V

Po dokončení konfigurace je nutné tento vytvořený virtuální přepínač přidat k virtuálnímu stroji prostřednictvím jeho nastavení. Tím je celá konfigurace dokončena a je možné spustit virtuální počítač s nově vytvořeným virtuálním počítačem.

9 APLIKACE KONKRÉTNÍCH ŘEŠENÍ

V rámci této práce jsem si vyzkoušel jednotlivé virtualizační technologie, kde jsem se zabýval jejími výhodami a nevýhodami a možným použitím ve výuce. Z těchto jednotlivých vyzkoušených řešení a nasbíraných zkušeností se v této kapitole zmíním o možných řešeních, která by se mohla využít při výuce v laboratoři SC 5.32 na Ústavu telekomunikací. Z jednotlivých vyzkoušených řešení, která by se dala využít při výuce na Ústavu telekomunikací jsou kontejnerová virtualizace a technologie Windows Subsystem for Linux (zkráceně WSL) a s tím spojená další řešení, o kterých bych se v této kapitole zmínil.

9.1 Kontejnerová virtualizace

Pro použití kontejnerové virtualizace jsem využil operační systém Ubuntu Server 17.10, na který jsem nainstaloval nástroj pro použití kontejnerové virtualizace, a to nástroj Docker ve verzi CE (Community Edition), jedná se o nástroj pro kontejnerovou virtualizaci, tento nástroj je dostupný zdarma, jak na distribuce Windows, tak Linux. Docker CE je tak určen pro systémy Windows 10 a Linux (například Ubuntu). Pro serverové verze operačních systémů (Windows Server 2016) existuje verze Docker EE (Enterprise Edition), která je však placená prostřednictvím Docker Store. V rámci této práce jsem však využil bezplatnou verzi Docker CE, kterou jsem nainstaloval na již zmíněný operační systém Ubuntu Server 17.10.

9.1.1 Instalace operačního systému Ubuntu Server

Abych mohl operační systém Ubuntu 17.10 nainstalovat, stáhl jsem si z oficiálních stránek Ubuntu image s tímto operačním systémem. Prostřednictvím programu Rufus jsem si vytvořil instalační flash disk s tímto operačním systémem. Postup vytváření instalačního USB flash disku a postup samotné instalace operačního systému Ubuntu Server 17.10 je zmíněn v příloze této práce.

9.1.2 Instalace nástroje Docker na systém Ubuntu Server

Postup instalace nástroje pro kontejnerovou virtualizaci je zmíněn v kapitole 8.1.2, kde bylo nutné nejdříve nainstalovat potřebné balíčky (například repositář HTTPS), potřebné pro další kroky instalace. Dále bylo nutné získat GPG key, poté bylo možné přejít k instalaci samotného nástroje pro kontejnerovou virtualizaci Docker CE. Instalace jednotlivých kontejnerů budu provádět pod správcem systému root (příkaz `sudo su` a heslo). Při vstoupení do jednotlivých kontejnerů budu přihlášen jako správce (root).

9.1.3 Realizace laboratorní úlohy MKPM3

V následujících podkapitolách se zmíním o instalaci jednotlivých laboratorních úloh prostřednictvím kontejnerové virtualizace. První úloha, kterou jsem aplikoval na řešení kontejnerové virtualizace je již dříve zmíněná úloha předmětu MKPM, a to Implementace technologie VoIP v mobilních terminálech.

V rámci této úlohy jsem nainstaloval kontejner s operačním systémem Kali Linux prostřednictvím příkazu `docker pull kalilinux/kali-linux-docker`. Po stažení a instalaci jsem do tohoto kontejneru vstoupil prostřednictvím příkazu `docker run -it kalilinux/kali-linux-docker`. V tomto kontejnerovém systému jsem doinstaloval všechny potřebné součásti. Nejdříve jsem ale provedl update a následný upgrade systému. Poté jsem nainstaloval balíček Aircrack-ng, prostřednictvím příkazu `apt-get install aircrack-ng`. Aby bylo možné spustit monitorovací režim USB wifi adaptéru, je nutné doinstaloval balíček *pciutils* prostřednictvím příkazu `apt-get install pciutils`. Dále je nutné nainstaloval ovladače kusb wifi adaptéru, bez kterých by byl adaptér dále nefunkční, instalace ovladačů se provede pomocí příkazu `apt-get install firmware-ralink`. Nakonec je nutné nainstaloval analyzátor Tshark (obdobu Wireshark odkázaná na příkazový řádek) prostřednictvím příkazu

```
apt-get install tshark.
```

Tímto je instalace této laboratorní úlohy hotova, je možné kontejner ukončit a uložit. Instalace samotného systému a jeho uložení je detailněji popsáno v kapitole 8.1.4 [33].

9.1.4 Realizace VLC

V této kapitole nebudu popisovat instalaci konkrétní úlohy, ale řešení, které se v jednotlivých laboratorních úlohách hojně vyskytuje, a to tzv. VLC server. Jedná se počítač, ve kterém je spuštěn program VLC, ve kterém je vytvořen stream, který následně přijímají klientské stanice.

Abych mohl toto řešení realizovat, je nutné si nejdříve stáhnout kontejner se systémem Ubuntu prostřednictvím příkazu `docker pull ubuntu`. Po dokončení stahování tento kontejner spustím příkazem `docker run -it ubuntu`. V tomto systému je nutné nainstaloval software VLC příkazem `apt-get install vlc`, před zahájením těchto instalací bych doporučil nejdříve provést update a následný upgrade tohoto spuštěného systému. Aby bylo možné program VLC spustit a plně využívat je nutné nainstaloval grafické rozraní, to se provede příkazem `apt-get install xubuntu-desktop`. Ke kontejneru s právě nainstalovaným grafickým rozraním se bude přistupovat prostřednictvím systémového nástroje klientského počítače se systémem Windows, a to *Připojení ke vzdálené ploše*. Aby bylo možné se

k tomuto kontejneru s grafickým rozhraním vzdáleně připojit, je nutné doinstalovat server xrdp příkazem `apt-get install xrdp`. Nově nainstalovaný server se spustí příkazem `/etc/init.d/xrdp start`. Předtím je ale nutné přejít do domovského adresáře uživatele, kterým se k tomuto serveru bude připojovat, v mém případě je to uživatel *student*, kterého jsem vytvořil v adresáři *home* (`cd /home`) příkazem `adduser student`. V tomto adresáři je nutné vytvořit soubor `.xsession`, a to příkazem `echo "xfce4-session" > ~/.xsession`, tento příkaz zajistí, abychom se mohly přihlásit jako uživatel *student*. Nyní je možné na klientském počítači spustit systémový nástroj Připojení ke vzdálené ploše a zadáním IP adresy kontejneru se k této vzdálené ploše připojit jako uživatel *student* a následně spustit program VLC a konfigurovat, popřípadě spravovat jednotlivé přehrávání nebo služby (stream). Po dokončení všech instalací a konfigurací tento systém ukončím příkazem `exit` a příkazem `docker commit <id kontejneru> <název kontejneru>` tento kontejner zálohuji tak, jak je zmíněno v kapitole 8.1.4.

9.1.5 Realizace laboratorní úlohy BARS 6

V této podkapitole popíši instalaci virtuálního serveru laboratorní úlohy č.6 předmětu BARS, a to Implementace podpory Kvality služeb – DiffServ. V tomto virtuálním serveru je nainstalován FTP server a software Asterisk (telefonní ústředna prostřednictvím běžného PC).

K instalaci této části mi poslouží již stažený kontejner se systémem Ubuntu. Tento kontejner spustím opět příkazem `docker pull ubuntu`. Stejně jako v předchozí podkapitole by bylo vhodné provést update a upgrade tohoto systému. V rámci této realizace se nejdříve zmíním o instalaci FTP serveru a následně popíši postup instalace telefonní ústředny Asterisk.

Před instalací FTP serveru je nutné vytvořit nového uživatele, kterým se do tohoto serveru budeme přihlašovat. Nového uživatele vytvoříme v adresáři *home* příkazem `adduser <jméno uživatele>` a následně zadání hesla. FTP server nainstalují prostřednictvím příkazu `apt-get install vsftpd`. Nyní stačí tento server podle potřeb nakonfigurovat a následně spustit. Konfigurace serveru se provede tak, že budu editovat konfigurační soubor pomocí editoru (*nano* nebo *vi*), příkaz pro tuto konfiguraci je `nano /etc/vsftpd.conf`. Aby bylo možné se k serveru přihlásit je zde nutné povolit položku *listen*, dále jsem zde zakázal položku *listen_ipv6*, není možné, aby byly povoleny obě položky, jak pro ipv4, tak ipv6. Další položkou, kterou je zde nutné povolit je *local_enable*, tato možnost zajišťuje připojení lokálních uživatelů k tomuto serveru. Poslední věc, kterou je zde nutné upravit je položka *write_enable*, která zajišťuje možnost zápisu v tomto serveru. Konfigurační soubor *vsftpd.conf* je zobrazen na obrázku č.23. Tímto je konfigurace

FTP serveru dokončena a je možné tento server spustit příkazem `service vsftpd start`. Ke spuštěnému FTP serveru mohou přistupovat například pomocí nástroje Total Commander nebo průzkumníka systému Windows zadáním příkazu `ftp://<ip_adresa_serveru>` či webového prohlížeče a zadáním stejného příkazu jako v rámci průzkumníku systému Windows.

```
# Example config file /etc/vsftpd.conf
#
# The default compiled in settings are fairly paranoid. This sample file
# loosens things up a bit, to make the ftp daemon more usable.
# Please see vsftpd.conf.5 for all compiled in defaults.
#
# READ THIS: This example file is NOT an exhaustive list of vsftpd options.
# Please read the vsftpd.conf.5 manual page to get a full idea of vsftpd's
# capabilities.
#
# Run standalone? vsftpd can run either from an inetd or as a standalone
# daemon started from an initscript.
listen=YES
#
# This directive enables listening on IPv6 sockets. By default, listening
# on the IPv6 "any" address (:::) will accept connections from both IPv6
# and IPv4 clients. It is not necessary to listen on *both* IPv4 and IPv6
# sockets. If you want that (perhaps because you want to listen on specific
# addresses) then you must run two copies of vsftpd with two configuration
# files.
listen_ipv6=NO
#
# Allow anonymous FTP? (Disabled by default).
anonymous_enable=NO
#
# Uncomment this to allow local users to log in.
local_enable=YES
#
# Uncomment this to enable any form of FTP write command.
write_enable=YES
```

Obr. 23 Konfigurační soubor vsftpd.conf FTP serveru

Telefonní ústřednu nainstalují prostřednictvím příkazu

`apt-get install asterisk`. Po dokončení instalace je tuto telefonní ústřednu spustit příkazem `/etc/init.d/asterisk start`. Konzoli Asterisku je možné spustit příkazem `asterisk -r`. Aby bylo možné ústřednu plně využívat, je nutné nakonfigurovat profily pro jednotlivá zařízení, která budeme k této ústředně chtít připojit. Abych mohl vyzkoušet funkčnost této ústředny, vytvořil jsem dva profily konfigurací tří souborů ústředny Asterisk, a to *sip.conf*, *extensions.conf* a *voicemail.conf*. Konfiguraci souboru *sip.conf* jsem provedl příkazem

`vi /etc/asterisk/sip.conf`. Zde jsem nakonfiguroval síťové nastavení, aby se Asterisk mohl připojit k dané síti a vytvořil jsem zde dva profily 7001 a 7002. Konfigurace tohoto souboru je zobrazena na obrázku č.24.

```

[general]
context=internal
allowguest=no
allowoverlap=no
bindport=5060
bindaddr=0.0.0.0
srlookup=no
disallow=all
allow=ulaw
alwaysauthreject=yes
canreinvite=no
nat=yes
session-timers=refuse
localnet=192.168.1.0/255.255.255.0

[7001]
type=friend
host=dynamic
secret=123
context=internal

[7002]
type=friend
host=dynamic
secret=456
context=internal

```

Obr. 24 Konfigurační soubor sip.conf ústředny Asterisk

Dále jsem nakonfiguroval druhý soubor, a to *extension.conf* příkazem `vi /etc/asterisk/extensions.conf`. Zde jsem nastavil činnosti jednotlivých profilů. Konfigurační soubor *extensions.conf* je zobrazen na obrázku č.25.

```

[internal]
exten => 7001,1,Answer()
exten => 7001,2,Dial(SIP/7001,60)
exten => 7001,3,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 7001,4,VoiceMail(7001@main)
exten => 7001,5,Hangup()

exten => 7002,1,Answer()
exten => 7002,2,Dial(SIP/7002,60)
exten => 7002,3,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 7002,4,VoiceMail(7002@main)
exten => 7002,5,Hangup()

exten => 8001,1,VoiceMailMain(7001@main)
exten => 8001,2,Hangup()

exten => 8002,1,VoiceMailMain(7002@main)
exten => 8002,2,Hangup()

```

Obr. 25 Konfigurační soubor extensions.conf ústředny Asterisk

Poslední třetím souborem, který jsem editoval je *voicemail.conf* příkazem `vi /etc/asterisk/voicemail.conf`, zde jsem jednotlivým profilům nastavil hesla. *Voicemail.conf* je zobrazen na obrázku č.26.

```

[main]
7001 => 123
7002 => 456

```

Obr. 26 Konfigurační soubor voicemail.conf ústředny Asterisk

Po dokončení všech nastavení jsem telefonní ústřednu opět spustil, její funkčnost jsem ověřil pomocí stolního počítače a software X-lite, tento počítač sem přihlásil pod profil 7001. Druhé zařízení, které jsem použil je chytrý telefon s mobilní aplikací Zoiper, telefon jsem přihlásil k profilu 7002. Komunikaci jsem dále vyzkoušel i mezi

dvěma telefony, tak že jsem profil 7001 přiřadil druhému telefonu s mobilní aplikací Zoiper.

9.1.6 Přístup k jednotlivým kontejnerům

U stávajícího řešení v podobě Hyper-V serveru se studenti k jednotlivým virtuálním systémům přihlašují například prostřednictvím vzdálené plochy systému Windows na jednotlivých stanicích.

V rámci kontejnerové virtualizace by se studenti přihlašovali k serveru prostřednictvím aplikace Putty, kde by si následně vybrali požadovaný kontejner s danou úlohou. Nevýhodou ovšem je, že by tak studenti měli přístup k celému serveru, a to by mohlo vést k následným problémům.

Proto jako vhodnější řešení by bylo lepší vytvořit virtuální přepínač, jednotlivé kontejnery s danými úlohami by byly připojeny k síti prostřednictvím mostu jako například v nástroji VirtualBox. Studenti by k těmto kontejnerům přistupovali přímo prostřednictvím nástroje Putty. U laboratorních úloh, kde je potřeba spustit například VLC server je možné ve spuštěném kontejneru prostřednictvím nástroje Putty spustit xrdp server s grafickým prostředím a k tomuto kontejneru se spuštěným xrdp serverem se přihlásit pomocí systémové aplikace *Připojení ke vzdálené ploše*.

9.2 Technologie WSL na operačním systému Windows 10

Na systém Windows 10 Pro s povolenou technologií WSL jsem nainstaloval linuxový systém Ubuntu, který je určen právě pro tuto technologii. Windows 10 se všemi těmito nainstalovanými náležitostmi spouštím prostřednictvím virtualizačního nástroje VMware Workstation Player. Virtualizovaný operační systém Windows 10 Pro bude možné spustit i v prostředí VirtualBox, ale z důvodu jednoduchosti instalace virtualizovaného operačního systému (technologie *Easy install*) jsem použil právě zmiňované virtualizační prostředí VMware Workstation Player. V následujících kapitolách popíši, jak jsem postupoval vytváření virtuálního počítače s technologií WSL.

9.2.1 Vytvoření virtuálního počítače v prostředí VMware Player s operačním systémem Windows 10 Pro

Při instalaci toho systému budu postupovat podobně jak v kapitole 8.3.1. Ve VMware Player spustím průvodce vytvořením virtuálního počítače prostřednictvím záložky *Create a New Virtual Machine*, kde v prvním kroku se vloží instalační médium (image ve formátu *iso*), dále se vyplní informace o instalovaném systému (uživatelské jméno a heslo, product key). Poté zvolím jméno virtuálního počítače a jeho umístění,

dále se nastaví velikost a typ virtuálního disku, v posledním kroku se ještě nastaví například počet přidělených jader procesoru, velikost paměti RAM a další. Položku *Power on this virtualmachine after creation* a vytváření virtuálního počítače následně dokončím. Nyní se automaticky spustí instalace virtuálního systému Windows 10 Pro, po dokončení instalace bude počítač restartován, po restartu se provedou zbývající nastavení, po dokončení všech nastavení naběhne plocha virtuálního operačního systému. Nyní je potřeba tento systém aktualizovat na nejnovější verzi prostřednictvím Windows Update, v předešlých verzích technologie WSL byla pouze ve verzi Beta. Po dokončení instalace aktualizací je nutné technologii WSL povolit a v *Nastavení* systému Windows 10 Pro povolit *Vývojářský režim*, povolení WSL a vývojářského režimu je popsáno v kapitole 8.2.1. Nakonec spustím obchod *Microsoft Store* a například pomocí vyhledávače vyhledám systém Ubuntu a následně tento systém nainstaluji prostřednictvím tlačítka *Získat*, tento postup je popsán i v kapitole 8.2.2. Po stažení a dokončení instalace je systém Ubuntu možné ihned spustit, po spuštění se provedou ještě některá poslední nastavení, během několika sekund je ale možné systém plně využívat.

9.2.2 Realizace laboratorní úlohy BARS 4

Popíši zde možné využití této technologie například v rámci laboratorní úlohy č.4 předmětu BARS. V této úloze je realizován FTP server, na kterém se měří různé parametry provozu prostřednictvím programu NetDisturb. Na nainstalovaném linuxovém jádru virtuálního počítače se systémem Windows 10 Pro stáhnou a nainstaluji FTP server, postup bude stejný jako v případě podkapitoly 9.1.5.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo se seznámit s jednotlivými druhy virtualizace a virtuálními nástroji jako jsou VirtualBox, VMware Workstation, VMware Player, Hyper-V, Docker Container a další.

Jednotlivé virtualizační nástroje a prostředí byly pomocí dostupných nástrojů vyzkoušeny a porovnány. V rámci této práce jsem si nejdříve vyzkoušel dostupné nástroje pro kontejnerovou virtualizaci, konkrétně Docker Container. Tento nástroj jsem následně otestoval na třech dostupných platformách, a to na operačním systému Windows 10 pomocí technologie Hyper-V, dále na operačním systému Ubuntu Server, a nakonec pomocí Boot2Docker, jedná se o nástroj (spouštěcí) se systémem Linux, který umožňuje za pomoci virtualizačního prostředí VirtualBox spouštět kontejnery například na operačním systému Windows bez nutnosti technologie Hyper-V.

Dále jsem si v rámci této práce vyzkoušel technologii WSL (Windows Subsystem for Linux), WSL poskytuje jádro, které umožňuje běh systémů Linux pod systémem Windows. Tuto technologii jsem si vyzkoušel na operačním systému Windows 10, kde jsem si vyzkoušel nainstalovat server s grafickým prostředím *xdrp*, ke kterému jsem se přihlašoval pomocí vzdálené plochy systému Windows nebo instalaci FTP serveru.

Zaměřil jsem se i na import a export virtuálních strojů. Vyzkoušel jsem si vytvořit zálohu virtuálního stroje v jednotlivých virtualizačních prostředích. Dále jsem se zaměřil na spouštění virtuálních disků počítačů v jiných virtualizačních nástrojích než v těch, ve kterých byly vytvořeny, například virtuální počítač, který byl vytvořen v nástroji VMware Player je možné spustit v nástroji VirtualBox. V této práci jsem se zmínil i o nástrojích, které dokáží virtuální počítače převést do formátu, který podporuje jiný virtualizační nástroj, není možné například spustit virtuální počítač, který byl vytvořen v nástroji VMware ve virtualizačním prostředí Hyper-V, je nutné tento počítač převést pomocí vhodného nástroje do formátu, který například zmíněné Hyper-V podporuje.

Poslední technologií, o které jsem se v této práci zmínil je technologie Microsoft Hyper-V. Vyzkoušel jsem si zde vytvořit virtuální počítače, nebo různé virtuální přepínače a další. Zaměřil jsem se zde i na import a export virtuálních disků.

Všechny nasbírané poznatky a zkušenosti ze zkoušení těchto různých technologií jsem využil pro návrh a realizaci možných řešení, která by se dala použít při výuce v laboratoři SC 5.32 na Ústavu telekomunikací. Prvním možným řešením je použití kontejnerové virtualizace prostřednictvím serveru, na kterém by byl jako nativní systém nainstalován Ubuntu Server, na tomto systému by byl pak instalován nástroj Docker Container, na kterém by běžely kontejnery s jednotlivými laboratorními

úlohami. Cílem této práce tak bylo tuto možnost vyzkoušet a porovnat ji se stávajícím řešením v podobě serveru s technologií Hyper-V a říct, zda by bylo možné toto stávající řešení nahradit nebo ho označit jako vyhovující. Hlavní výhody řešení kontejnerové virtualizace spočívají ve snížení HW nároků na server a jednoduchou zálohou jednotlivých kontejnerů. Nevýhodou tohoto řešení je celková údržba a náročnost instalace, jelikož kompletní údržba a samotná instalace probíhá pouze skrze příkazový řádek a je tak nutné všechny potřebné příkazy znát nebo je později při vyskytnutí nějaké závažné chyby složitě dohledávat. Proto bych zůstal i nadále u stávajícího řešení, a to server s operačním systémem Windows Server 2016 a novější s technologií Hyper-V. Hlavními výhodami oproti kontejnerové virtualizaci je grafické prostředí a s tím spojená jednoduchost instalace a následné údržby, tato technologie má i své nevýhody v podobě rychlosti virtuálních operačních systémů, kdy konkurence nabízí mnohem rychlejší a plynulejší běh virtuálních strojů.

Jako další řešení, které by se dalo použít při výuce je technologie WSL (Windows Subsystem for Linux), ovšem spíše do budoucna, protože vyžaduje operační systém Windows 10, a v současnosti jsou stanice provozovány s operačním systémem Windows 7. Jedná se o celkem novou technologii, takže je zde větší riziko výskytu chyb spojené například s aktualizacemi. Týká se to však pouze nějakých složitějších řešení například instalace serveru s grafickým prostředím, v případě instalací jednodušších serverů například FTP je chod této technologie v pořádku. Výhodou tohoto řešení je tak snadná instalace, jednoduchost spuštění a možné využití sítí s hostem, které jsou vytvořeny ve virtualizačním prostředí například VMware Workstation/Player nebo v prostředí VirtualBox. Jedná se tak o technologii, která by do budoucna mohla být využívána při výuce na Ústavu telekomunikací.

V rámci této práce jsem se zaměřil na dvě problémové úlohy předmětu MKPM. Pro tyto úlohy jsem navrhl vhodná řešení, která zajistí jejich funkčnost. V obou úlohách se jednalo o problém s USB adaptéry, které nebylo možné připojit k jednotlivým virtuálním počítačům. Řešení byla provedena v rámci nativních a virtuálních operačních systému, kde se doinstalovaly potřebné ovladače a balíčky, které zajistily potřebnou podporu a funkčnost jednotlivých USB zařízení, nebylo tak nutné zasahovat do laboratorních návodů.

LITERATURA

- [1] POMAZAL, Jiří. Virtualizace v kostce. *SystemOnLine* [online]. Brno: CCB, spol. s r. o., 2010 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/virtualizace-v-kostce.htm>
- [2] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Sállové počítače firmy IBM: IBM 704 – sállový počítač... *Root.cz* [online]. Praha: Internet Info, s.r.o., 2009 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/salove-pocitace-firmy-ibm/#k05>
- [3] IBM 704. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2002 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_704
- [4] X86 virtualization. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2004 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/X86_virtualization#Intel_virtualization_.28VT-x.29
- [5] RUEST, Danielle a Nelson RUEST. *Virtualizace: podrobný průvodce*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2676-9.
- [6] KILIÁN, Karel. Virtualizace aplikací je s Evalaze... *Cnews.cz* [online]. Praha: Mladá fronta a.s., 2013 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/virtualizace-aplikaci-je-s-evalaze-brnkacka-chrante-sva-windows/>
- [7] Služby vzdálené plochy. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2017 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Slu%C5%BEby_vzd%C3%A1len%C3%A9_plochy
- [8] SEDLÁK, Jan. Aplikace v kontejneru. Co je Docker... *E15.cz* [online]. Praha: CN Invest a.s, 2015 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <http://e-svet.e15.cz/it-byznys/aplikace-v-kontejneru-co-je-docker-a-proc-ho-vsichni-chteji-1157856>
- [9] Kontejnery ulehčí virtualizaci Linuxu. *COMPUTERWORLD* [online]. Praha: IDG Czech Republic, a. s., 2014 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <http://computerworld.cz/software/kontejnery-ulehci-virtualizaci-linuxu-51044>
- [10] Docker (software). *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2013 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Docker_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Docker_(software))
- [11] Docker (software). *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2015 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Docker_\(software\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Docker_(software))

- [12] Síťová virtualizace. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2013 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/S%C3%AD%C5%A5ov%C3%A1_virtualizace
- [13] VLAN. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2006 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/VLAN>
- [14] BOUŠKA, Petr. VLAN - Virtual Local Area Network: Co je to VLAN. *SAMURAJ-cz* [online]. \n: Samuraj, 2007 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://www.samuraj-cz.com/clanek/vlan-virtual-local-area-network/>
- [15] Network Attached Storage. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2010 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Network_Attached_Storage
- [16] Systémy NAS, SAN a DAS. *COMES* [online]. Praha: COMES, spol. s r.o., \n [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <http://www.comes.cz/systemy/nas-das-san/>
- [17] Storage Area Network. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2008 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Storage_Area_Network
- [18] Network File System. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2006 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Network_File_System
- [19] RAID. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2005 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RAID>
- [20] How To Set Up an NFS... *DigitalOcean* [online]. New York: DigitalOcean™ Inc., 2016 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-set-up-an-nfs-mount-on-ubuntu-16-04>
- [21] VMware. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2003 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/VMware>
- [22] VMware. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2007 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/VMware>
- [23] VMware vSphere. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2009 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/VMware_vSphere
- [24] Oracle Corporation. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2006 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Oracle_Corporation
- [25] VirtualBox. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2008 [cit. 2017-12-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/VirtualBox>

- [26] Úvod do GPG. *ROOT.CZ* [online]. Praha: Internet Info, s.r.o, 1999 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/uvod-do-gpg/>
- [27] Get Docker CE for Ubuntu. *Docker docs* [online]. San Francisco: Docker, Inc, 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://docs.docker.com/install/linux/docker-ce/ubuntu/>
- [28] Official Kali Linux Docker Images Released. *KALI* [online]. \n: Kali Linux, 2015 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.kali.org/news/official-kali-linux-docker-images/>
- [29] Windows Subsystem for Linux. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2016 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Subsystem_for_Linux
- [30] Windows 10 Mobile. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2015 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_10_Mobile#Project_Astoria
- [31] Run Kali Linux on Windows 10. *Tweaks.com* [online]. /n: Advanced PC Media LLC™, 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://tweaks.com/windows/67261/run-kali-linux-on-windows-10/>
- [32] Hyper-V. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc., 2011 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hyper-V>
- [33] Run aircrack-ng without external “wifi card” [UPDATED]. *Deshmukhsuraj.wordpress* [online]. San Francisco: Automattic Inc., 2016 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://deshmukhsuraj.wordpress.com/2016/07/20/run-aircrack-ng-without-external-wifi-card-updated/>

Seznam symbolů a zkratek

AMD-V-	AMD virtualization
CPU -	Centrální procesorová jednotka
DHCP -	Dynamic Host Configuration Protocol
FEKT -	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
FTP -	File Transfer Protocol
GPG -	GNU Privacy Guard
HW -	Hardware
IP -	IP adresa
LAN -	Local Area Network
MAN -	Metropolitan Area Network
OS -	Operační systém
RAID -	Vícenásobné diskové pole nezávislých disků
RAM -	Random Access Memory
RDP -	Remote Desktop Protocol
SIP -	Session Initiation Protocol
USB -	Universal Serial Bus
VoIP -	Voice over Internet Protocol
VT-x -	Intel virtualization
VUT -	Vysoké učení technické v Brně
WAN -	Wide Area Network
Wi-Fi -	Wireless fidelity
WSL -	Windows Subsystem for Linux
Xfce -	XForms Common Environment

Seznam příloh

Příloha 1. CD/DVD s elektronickou verzí bakalářské práce